

NİLÜFER YILMAZ ÖĞÜTLÜ

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ SAĞ. BİL. ENST.

DOKTORA TEZİ

İSTANBUL-2017



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

(DOKTORA TEZİ)

**TEK TARAFLI DUDAK DAMAK YARIĞI ANOMALİSİNİN
TEDAVİSİNDE ALVEOLAR KEMİK GREFTİ,
MAKSİLLER GENİŞLETME VE PROTRAKSİYON
UYGULAMALARININ SONLU ELEMANLAR ANALİZİ
İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

NİLÜFER YILMAZ ÖĞÜTLÜ

**DANIŞMAN
PROF. DR. HÜLYA KILIÇOĞLU**

**ORTODONTİ ANABİLİM DALI
ORTODONTİ PROGRAMI**

İSTANBUL-2017

DOKTORA TEZİ ONAYI

İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti Anabilim Dalı, Ortodonti Doktora Programında Doktora öğrencisi Nilüfer Yılmaz Öğütlü tarafından Prof.Dr.Hülya Kılıçoğlu'nun danışmanlığında hazırlanan "Tek Taraflı Dudak Damak Yarığı Anomalisinin Tedavisinde Alveolar Kemik Grefti, Maksiller Genişletme Ve Protraksiyon Uygulamalarının Sonlu Elemanlar Analizi İle Değerlendirilmesi" başlıklı tez aşağıdaki jüri üyeleri tarafından 29/11/2017 tarihinde yapılan Tez Savunma Sınavında başarılı bulunmuş ve Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı

Prof.Dr.Gülnaz Marşan
İstanbul Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
Ortodonti Anabilim Dalı



Jüri-Danışman

Prof.Dr.Hülya Kılıçoğlu
İstanbul Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
Ortodonti Anabilim Dalı



Jüri

Prof.Dr.Sönmez Fıratlı
İstanbul Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
Ortodonti Anabilim Dalı



Jüri

Prof.Dr.Ata Muğan
İstanbul Teknik Üniversitesi
Makine Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü



Jüri

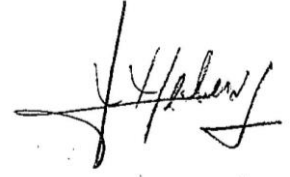
Yrd.Doç.Dr.Berza Yılmaz
Bezmialem Vakıf Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
Ortodonti Anabilim Dalı



BEYAN

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

Nilüfer YILMAZ ÖĞÜTLÜ



İTHAF

Aileme ithaf ediyorum.

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim ve tez çalışmam süresince bilgisini ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyerek bana yol gösteren değerli hocam, tez danışmanım Prof. Dr. Hülya KILIÇOĞLU'na

Tez çalışmam boyunca katkılarından dolayı tez izleme komitesi üyeleri Prof. Dr. Gülnaz MARŞAN ve Prof. Dr. Ata MUĞAN'a

Doktora eğitimim boyunca katkılarından dolayı Ortodonti Anabilim Dalı öğretim üyeleri Prof. Dr. Sönmez FIRATLI, Prof. Dr. Nil CURA ve Doç. Dr. Evren ÖZTAŞ'a ve emekli öğretim üyeleri Prof. Dr. Müyesser SARAÇ, Prof. Dr. Yıldız ÖZTÜRK ve Prof. Dr. Elif ERBAY'a

Birlikte güzel anları ve güçlükleri paylaştığımız, beraber çalışmaktan zevk aldığım doktora öğrencisi ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma,

Hayatım boyunca bana her konuda destek olan, karşılıksız sevgileri ve emekleriyle beni bugünlere getiren sevgili babam Ahmet YILMAZ, annem Kadriye YILMAZ ve abim İlker YILMAZ'a

Meslek hayatımın öğrencilik günlerinden itibaren dostluğu, sevgisi ve desteğiyle yanımda olan sevgili eşim Dr. Faruk ÖĞÜTLÜ'ye

İstanbul Üniversitesi Öğretim Üyesi Yetiştirme Programı Koordinatörlüğü'ne ve 2211-Yurt içi Doktora Burs Programı kapsamında sağladığı destekten ötürü TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı Birimi'ne

teşekkür ederim.

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: 22938

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	İİ
BEYAN.....	İİİ
İTHAF.....	İV
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
TABLolar LİSTESİ.....	İX
ŞEKİLLER LİSTESİ	X
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ	Xİİ
ÖZET	Xİİİ
ABSTRACT.....	XİV
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Dudak Damak Yarıkları.....	3
2.1.1. Tanım ve Embriyoloji	3
2.1.2. Dudak Damak Yarıklarının Etiyolojisi	4
2.1.3. Dudak Damak Yarıklarının Epidemiyolojisi	4
2.1.4. Dudak Damak Yarıklarının Sınıflandırılması	5
2.1.5. Dudak Damak Yarıklarının Tedavisi ve Dental ve İskeletsel Özellikleri.....	7
2.1.5.1. Dudak Damak Yarıklarının Tedavisinde Maksiller Genişletme.....	9
2.1.5.2. Dudak Damak Yarıklarının Tedavisinde Maksiller Protraksiyon.....	10
2.1.5.3. Dudak Damak Yarıklarının Tedavisinde Alveolar Kemik Grefti	11
2.2. Sonlu Elemanlar Analizi	13
2.2.1. Terminoloji.....	14
2.2.1.1. Kuvvet.....	14
2.2.1.2. Gerilme (Stres).....	14
2.2.1.3. Asal Gerilme	15
2.2.1.4. Von Mises Gerilmesi.....	15
2.2.1.5. Gerinim (Strain)	15
2.2.1.6. Elastiklik Sınırı.....	16

2.2.1.7. Elastiklik Modülü (Young Modülü).....	16
2.2.1.8. Poisson Oranı	16
2.2.1.9. Eleman (Element).....	16
2.2.1.10. Düğüm (Node)	17
2.2.2. Sonlu Elemanlar Analizinin Çalışma Aşamaları	17
2.2.2.1. Hazırlık Aşaması.....	17
2.2.2.3. Sonuçların Yorumlanması Aşaması.....	19
2.3. Konu ile ilgili Literatürde Sonlu Elemanlar Analizinin Kullanıldığı Çalışmalar ..	19
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	22
3.1. Geometrik Modelin Oluşturulması	22
3.2. Modelin Ağ Yapısının Oluşturulması	27
3.3. Malzeme Özelliklerinin Programa Tanıtılması.....	28
3.4. Sınır Koşullarının Tanımlanması ve Kuvvetlerin Uygulanması.....	29
3.4.1. I. Modelde Kuvvetlerin Uygulanması.....	29
3.4.2. II. Modelde Kuvvetlerin Uygulanması	30
3.4.3. III. Modelde Kuvvetlerin Uygulanması	30
3.4.4. IV. Modelde Kuvvetlerin Uygulanması.....	31
3.5. Çalışmada Kullanılan Anatomik Bölgeler	32
3.6. Analizlerin Yapılması ve Sonuçların Alınması	34
4. BULGULAR.....	35
4.1. Protraksiyon Kuvveti Uygulanan I. Modele Ait Bulgular	35
4.1.1. I. Modele Ait Yer Değiştirme Değerleri İle İlgili Bulgular	35
4.1.2. I. Modele Ait Von Mises Gerilme Değerleri İle İlgili Bulgular	41
4.2. Protraksiyon Kuvveti Uygulanan Alveolar Kemik Graftli II. Modele Ait Bulgular.....	43
4.2.1. II. Modele Ait Yer Değiştirme Değerleri İle İlgili Bulgular	43
4.2.2. II. Modele Ait Von Mises Gerilme Değerleri İle İlgili Bulgular	49
4.3. Genişletme ve Protraksiyon Kuvveti Uygulanan III. Modele Ait Bulgular	51
4.3.1. III. Modele Ait Yer Değiştirme Değerleri İle İlgili Bulgular	51
4.3.2. III. Modele Ait Von Mises Gerilme Değerleri İle İlgili Bulgular.....	58
4.4. Genişletme ve Protraksiyon Kuvveti Uygulanan Alveolar Kemik Graftli IV. Modele Ait Bulgular	60
4.4.1. IV. Modele Ait Yer Değiştirme Değerleri İle İlgili Bulgular	60

4.4.2. IV. Modele Ait Von Mises Gerilme Değerleri İle İlgili Bulgular	66
5. TARTIŞMA	73
5.1. Amacın Değerlendirilmesi	73
5.2. Gereç ve Yöntemin Değerlendirilmesi	74
5.2.1. Uygulanan Ortopedik Kuvvetlerin Değerlendirilmesi	74
5.2.2. Eleman Sayısı, Tipi ve Malzeme Özelliklerinin Değerlendirilmesi	76
5.3. Bulguların Değerlendirilmesi.....	77
5.3.1. Von Mises Gerilme Dağılımlarının Değerlendirilmesi.....	78
5.3.2. Yer Değiştirme Dağılımlarının Değerlendirilmesi	82
5.4. Sonuçlar	88
KAYNAKLAR	90
ETİK KURUL KARARI	103
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI.....	105
ÖZGEÇMİŞ	106

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1: Çalışmada kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri	28
Tablo 4.1: I. modelde x,y ve z eksenlerinde yer değiştirme değerleri (mm)	68
Tablo 4.2: Von Mises gerilme değerleri (MPa)	69
Tablo 4.3: II. modelde x,y ve z eksenlerinde yer değiştirme değerleri (mm)	70
Tablo 4.4: III. modelde x,y ve z eksenlerinde yer değiştirme değerleri (mm)	71
Tablo 4.5: IV. modelde x,y ve z eksenlerinde yer değiştirme değerleri (mm)	72



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Davies ve Ritchie'nin Sınıflandırması.....	5
Şekil 2.2: Kernahan ve Stark'ın sınıflandırması.....	6
Şekil 2.3: Veau'nun Sınıflandırması.....	6
Şekil 2.4: Sadler'ın Sınıflandırması.....	7
Şekil 2.5: Farklı geometrilerdeki üç boyutlu elemanların görünümü	17
Şekil 2.6: Eleman sayısı ve düğüm noktası arttırılmış geometrik model	18
Şekil 3.1: DVT görüntüsünün MIMICS programına aktarılarak görüntünün yapılandırılması	23
Şekil 3.2: Modeldeki yüzey kusurlarının MIMICS programı ile düzeltilmesi	23
Şekil 3.3: Koronal, aksiyal ve sagittal kesilerde suturaların kontrol edilerek kesi hatlarının oluşturulması	24
Şekil 3.4: Model üzerinde suturaların belirlenerek kemik dokunun ayrıştırılması.....	24
Şekil 3.5: Dişlerin modellenmesi.....	25
Şekil 3.6: PDL'ın modellenmesi.....	25
Şekil 3.7: Alveolar kemik greftinin simülasyonu	26
Şekil 3.8: Genişletme ve protraksiyon kuvveti uygulanmasında kullanılacak apareyin tasarımı.....	27
Şekil 3.9: Ağ yapısı oluşturulmuş sonlu elemanlar modelinin genel ve yakın plandan görüntüsü	28
Şekil 3.10: Sınır koşullarının tanımlanması.....	29
Şekil 3.11: I. Modelde kuvvetlerin simülasyonu	29
Şekil 3.12: II. Modelde kuvvetlerin simülasyonu	30
Şekil 3.13: III. Modelde kuvvetlerin simülasyonu	30
Şekil 3.14: IV. Modelde kuvvetlerin simülasyonu	31
Şekil 3.15: Çalışmada değerlendirilen anatomik referans noktaları	33
Şekil 3.16: Gerilme değerlerini gösteren renk skalası	34
Şekil 4.1: I. Modelde transversal düzlemde yer değiştirme dağılımı	36
Şekil 4.2: I. Modelde antero-posterior düzlemde yer değiştirme dağılımı	38
Şekil 4.3: I. Modelde vertikal düzlemde yer değiştirme dağılımı	40

Şekil 4.4: I. Modele ait von Mises gerilme dağılımları	42
Şekil 4.5: II. Modelde transversal düzlemde yer değiştirme dağılımları.....	44
Şekil 4.6: II. Modelde antero-posterior düzlemde yer değiştirme dağılımı.....	46
Şekil 4.7: II. Modelde vertikal düzlemde yer değiştirme dağılımı	48
Şekil 4.8: II. Modele ait von Mises gerilme dağılımları	50
Şekil 4.9: III. Modelde transversal düzlemde yer değiştirme dağılımı.....	53
Şekil 4.10: III. Modelde antero-posterior düzlemde yer değiştirme dağılımı	55
Şekil 4.11: III. Modelde vertikal düzlemde yer değiştirme dağılımı.....	57
Şekil 4.12: III. Modele ait von Mises gerilme dağılımları.....	59
Şekil 4.13: IV. Modelde transversal düzlemde yer değiştirme dağılımı	61
Şekil 4.14: IV. Modelde antero-posterior düzlemde yer değiştirme dağılımı	63
Şekil 4.15: IV. Modelde vertikal düzlemde yer değiştirme dağılımı.....	65
Şekil 4.16: IV. Modele ait von Mises gerilme dağılımları	67

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

mm	Milimetre
MPa	Megapascal
N	Newton
g	Gram
kg	Kilogram
°	Derece
%	Yüzde
e/E	$10^{\wedge}$ (1,2e-002= 1,2E-02= 1,2 x 10 ⁻² = 0,012)
DDY	Dudak Damak Yarığı
PDL	Periodontal ligaman
DVT	Dental Volümetrik Tomografi
BT	Bilgisayarlı Tomografi
MR	Manyetik Rezonans
DICOM	Dijital Imaging and Communications in Medicine
MIMICs	Materialise's Interactive Medical Image Control System

ÖZET

Öğütlü, N. (2017). Tek taraflı dudak damak yarığı anomalisinin tedavisinde alveolar kemik grefti, maksiller genişletme ve protraksiyon uygulamalarının sonlu elemanlar analizi ile değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ortodonti ABD. Doktora Tezi. İstanbul.

Bu çalışmanın amacı; tek taraflı dudak damak yarığı anomalisinin tedavisinde maksiller protraksiyonun tek başına, üst çene genişletilmesi ile beraber ve alveolar kemik greftinden önce ve sonra uygulanması sonucunda iskeletsel ve dentoalveolar yapılarda meydana gelen gerilme dağılımlarının ve yer değiştirme değerlerinin sonlu elemanlar analizi ile incelenmesidir.

Tek taraflı dudak damak yarıklı bireye ait bilgisayarlı tomografi görüntüsünden sonlu eleman modeli oluşturulmuştur. Birinci modelde genişletme amacıyla dizayn edilen Hyrax apareyindeki bar uzantılarından uygulanan 500'er g'lık protraksiyon kuvveti oklüzal düzlem ile 30° açıyla aşağı doğru yönlendirilerek verilmiştir. İkinci modelde aynı kuvvet alveolar kemik grefti sonrasında uygulanmıştır. Üçüncü modelde alveolar kemik greftinden önce ve dördüncü modelde alveolar kemik greftinden sonra 5 mm'lik genişletme simülasyonu yapılmış ve sonrasında benzer şekilde protraksiyon kuvveti uygulanmıştır.

Çalışmamızda maksiller genişletme ile beraber protraksiyon kuvveti uygulandığında meydana gelen stres değerlerinin arttığı, maksillanın saatin tersi yönünde olan rotasyonunun azaldığı gözlenmiştir. Alveolar kemik grefti varlığında ise yarık tarafında daha fazla olan yer değişimi değerlerinin azalarak yarık bulunan ve bulunmayan taraflar arasında daha simetrik yer değiştirme dağılımı görülmüştür.

Sonuç olarak; tek taraflı dudak damak yarığı anomalisinin tedavisinde maksiller genişletme ile beraber protraksiyon kuvveti uygulamasının daha fazla ortopedik etki yarattığı gözlenmiştir. Alveolar kemik grefti uygulaması yarık tarafının hareket miktarını azalttığı için özellikle antero-posterior ve transversal yetersizliği şiddetli olan dudak damak yarıklı hastalarda greft öncesi ortopedik kuvvetlerin uygulanması daha etkili olacaktır.

Anahtar Kelimeler : sonlu elemanlar analizi, alveolar kemik grefti, dudak damak yarığı, maksiller protraksiyon, maksiller genişletme

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: 22938

ABSTRACT

Öğütlü, N. (2017). Biomechanical Effects Of Alveolar Bone Grafting, Maxillary Expansion and Protraction on Unilateral Cleft Lip And Palate: A Finite Element Study. İstanbul University, Institute of Health Science, Department of Orthodontics. Doktora Tezi. İstanbul.

The aim of this study was to evaluate stress distributions and displacement values of skeletal and dentoalveolar craniofacial structures with finite element analysis on unilateral cleft lip and palate deformity as a result of applying maxillary protraction force alone, with maxillary expansion and before and after alveolar bone graft.

The finite element model was simulated from computerized tomography image of a patient with unilateral cleft lip and palate deformity. In the first model, a protraction force of 500 g was applied forward and downward direction with an angle of 30° with the occlusal plane from the bar extensions of Hyrax appliance designed for expansion. In the second model, the same force was applied after the alveolar bone graft. In the third model before alveolar bone graft and in the fourth model after the alveolar bone graft 5 mm expansion was performed and then similar force was applied.

In our study, it was observed when the protraction force was applied together with the maxillary expansion, stress values increased and the counterclockwise rotation of the maxilla decreased. In the presence of alveolar bone graft, displacement values on the cleft side were decreased and more symmetrical distribution was observed between cleft side and noncleft side.

As a result; it was observed that maxillary protraction together with maxillary expansion has more orthopedic effect on the treatment of unilateral cleft lip and palate deformity. Applying orthopedic forces before grafting will be more effective in patients with cleft lip and palate with severe antero-posterior and transversal deformity, because alveolar bone grafting reduces the amount of movement of the cleft side.

Key Words: finite element analysis, cleft lip and palate, alveolar bone grafting, maxillary expansion, maxillary protraction

The present work was supported by the Research Fund of İstanbul University. Project No. 22938

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Dudak damak yarıkları baş ve boyun bölgesinin en sık görülen konjenital deformitelerinden olup, etyolojisinde çevresel ve genetik faktörler yer almaktadır (3, 147). Dünyada görülme sıklığı her 800 ila 1000 doğumda bir olarak rapor edilirken, Türkiye’de de bu oran her 1000 doğumda bir olarak bildirilmektedir (154, 167, 169, 172). Dudak damak yarıkları kaynaşmanın olmadığı bölgelere göre sınıflandırılırken, tek taraflı dudak damak yarıklarının çift taraflı dudak damak yarıklarına göre üç kat daha fazla görüldüğü bildirilmektedir (147, 169).

Dudak damak yarıklı bireylerde kraniyofasiyal gelişim dudak ve damak operasyonları sonucu oluşan skar dokusundan, embriyolojik nedenlerden kaynaklı doku yetersizliğinden ve yetersiz kas aktivitesinden etkilenmektedir (142, 173). Tek taraflı dudak damak yarıklı bireylerdeki ortodontik anomalinin karakteristik özelliği maksillanın transversal, sagittal ve vertikal düzlemde gelişim geriliği göstermesidir (110, 174).

Maksillanın transversal yöndeki yetersizliği maksiller darlığa sebep olmakta ve klinikte tek veya çift taraflı posterior çapraz kapanış olarak karşımıza çıkmaktadır (10). Dudak damak yarıklı bireylerde görülen maksiller darlığın tedavisinde maksiller genişletme apareyleri kullanılmaktadır. Literatürde bu amaçla; Haas, Hyrax, Bonded RPE, Quad Heliks, Ni-Ti Palatal Expander, Coffin Spring, Hilgers apareyi gibi ekspansiyon apareyleri kullanılmıştır (4, 14, 68, 103, 153).

Maksillanın sagittal yöndeki gelişim geriliği ise maksiller retrüzyona bağlı iskeletsel sınıf III maloklüzyona sebep olmaktadır (7). Maksiller retrüzyona bağlı iskeletsel sınıf III maloklüzyonun tedavisinde yüz maskesi kullanılmaktadır. Yüz maskesi ile erken dönemde uygulanan ortopedik tedavide amaç maksiller gelişimin stimüle edilmesidir (34, 48).

Dudak ve/veya damak onarımı sonrasında başarılı ve kalıcı bir estetik ve fonksiyon elde etmek için alveolar yarıkların onarılması gereklidir. Yarıkların onarımı ve kemik yapıdaki yetersizliğin giderilmesi alveolar kemik greftlemesi ile sağlanabilmektedir (102). Birincil kemik grefti bebeklik döneminde dudak ve damak

operasyonları ile eş zamanlı olarak yapılırken; ikincil kemik grefti birincil dudak damak operasyonundan sonraki herhangi bir zamanda; erken (iki beş yaş arası), orta (altı onbir yaş arası) veya geç (daimi kanın sürmesinden sonra) dönem olarak uygulanabilmektedir (30, 84). Erken dönem ikincil kemik grefti; birincil kemik greftine benzer şekilde skar dokusuna bağlı gelişimin sınırlandırılması dezavantajına sahiptir ve sıklıkla tercih edilmemektedir. Orta dönem ikincil kemik greftinde greft alanından diş sürmesine izin verilmesi, dental arkın dengelenmesi ve periodontal sağlığın korunması hedeflenir (37). Geç dönem ikincil kemik greftinde ise protetik tedaviler için uygun şartların sağlanması amaçlanmaktadır (30, 101).

Mühendislik alanında, yapılardaki statik yüklemelerin hesaplanabilmesi için geliştirilen ve günümüzde diş hekimliğinde biyomekanik incelemelerin yapıldığı çalışmalarda da sıklıkla kullanılan sonlu elemanlar analizi yöntemi karmaşık yapıları basit geometrili sonlu sayıda elemana ayrıştırarak incelemeler yapan nümerik bir tekniktir (94). Bu teknikte gerilme, gerinim, yer değiştirme gibi parametreler bilgisayar simülasyonu yolu ile çözümlenmektedir (118).

Ortodontide ortodontik ve ortopedik kuvvetlerin ve bu kuvveti oluşturan apareylerin diş ve çevre dokular üzerindeki biyomekanik etkilerinin sonlu elemanlar analizi ile incelendiği çalışmalar bulunmaktadır (61, 70, 115, 123). Dudak damak yarığı görülen bireylere uygulanan maksiller genişletme ve protraksiyon tedavilerinin biyomekanik etkileri maksiller yapılardaki deformite nedeniyle normal büyüme gelişim gösteren bireylere göre değişiklik göstermektedir. Normal büyüme gelişim gösteren bireylerde maksiller genişletme ve protraksiyon uygulamalarının dental ve iskeletsel yapılar üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmalar bulunmasına rağmen (55, 70, 73, 155, 157) dudak damak yarığı görülen bireylerde bu uygulamaların etkisinin sonlu elemanlar analizi ile incelendiği sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (183). Dudak damak yarığı anomalisinde maksiller genişletme ve maksiller protraksiyon uygulamalarının etkisinin alveolar kemik grefti yapılmadan önce ve yapıldıktan sonra incelendiği çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu çalışmanın amacı tek taraflı dudak damak yarığı anomalisinde farklı kombinasyonlar ile uygulanan maksiller genişletme, maksiller protraksiyon ve alveolar kemik grefti uygulamalarının maksilla, maksillayı çevreleyen iskeletsel yapılar ve dişler üzerindeki etkilerinin sonlu elemanlar analizi ile incelenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Dudak Damak Yarıkları

2.1.1. Tanım ve Embriyoloji

Dudak damak yarıkları baş boyun bölgesinde en sık görülen konjenital anomalilerdendir (147). Bu anomali intrauterin hayatın ilk 3 ayında embriyonun gelişimini etkileyen çeşitli faktörler sonucu ortaya çıkmakta ve bireyin yüz gelişimini olumsuz yönde etkileyerek fonksiyonel ve estetik sorunlara yol açmaktadır (43).

Yüz gelişimi intrauterin hayatın 4.-8. haftaları arasında gerçekleşmekte ve 10. haftanın sonunda belirgin bir yüz görünümü oluşmaktadır. Bu görünüm hücre göçü, büyüme, farklılaşma ve apoptozu içeren bir dizi hücrel aktivite ile gerçekleşmektedir. Birbirlerine yaklaşan yüz çıkıntılarının tam olarak kaynaşması için temas eden bölgelerdeki ektodermin ortadan kalkması ve her iki çıkıntının içindeki mezodermilerin birbirine kaynaşması gerekmektedir. Bu kaynaşmaya mezodermizasyon adı verilmektedir. Mezodermizasyonun tam olarak gerçekleşmemesi veya yüz çıkıntılarında meydana gelen gelişim yetersizlikleri dudak damak yarıkları oluşumuna neden olmaktadır (43, 120, 169).

Damak, primer ve sekonder damak olmak üzere iki primordial yapıdan meydana gelmektedir. Primer damak; foramen insisivumun anteriorunda kalan bölgeyi ifade etmekte; dudağı ve sert damağın ön bölgesi olan premaksillayı meydana getirmektedir. Sekonder damak ise foramen insisivumun posteriorunda yer alan sert ve yumuşak damak bölgelerini ifade etmekte; sert damak, uvula ve tonsilden oluşmaktadır. Medial nazal çıkıntı, maksiller çıkıntı ve lateral nazal çıkıntıların birleşmesinin gerçekleşmemesi primer damakta tek veya çift taraflı yarıklara neden olurken, palatal çıkıntıların gelişmesi ya da birleşmesindeki aksaklıklar ise sekonder damak yarığı oluşumuna neden olmaktadır. Dudak damak yarığı oluşumunu ve derecesini, gelişim sürecindeki etkenin zamanı ve şiddeti belirlemektedir (1, 43, 120, 169). Primer damak yarıklarına neden olan etkenler, gebeliğin 4.-7. haftalarında, sekonder damak yarıklarına neden olan etkenler ise gebeliğin 7.-12. haftalarında etkili olmaktadır (74).

2.1.2. Dudak Damak Yarıklarının Etiyolojisi

Dudak damak yarıklarının etiyolojisinde genetik ve çevresel faktörler ile bazı sendromların rol oynadığı bilinmektedir (3). Dudak damak yarıklarının çevresel faktörleri arasında gebelik esnasında sigara ve alkol kullanımı, zayıf beslenme, viral enfeksiyonlar, A vitamini eksikliği ya da fazlalığı, folik asit eksikliği gibi etkenler sayılmaktadır (120). Ayrıca diazepam, fenitoin, fenobarbital gibi ilaçların, kortikosteroid kullanımının ve annenin diabet hastası olmasının dudak damak yarığı oluşumu ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (39, 120, 181).

Dudak damak yarıklarının oluşumunda genetik mekanizmaların etkili olduğu bilinmesine rağmen yapılan çalışmalarda etkinliği tam olarak ispatlanmış bir gene rastlanamamıştır. Ancak klinik gözlemlerde %20 oranında kalıtsal geçişin olduğu görülmektedir (95, 122, 134). Dudak damak yarıklarının Treacher Collins, Van Der Wood, Pierre Robin, Stickler gibi 200'den fazla sendrom ile ilişkili olduğu bilinmektedir (138). Sendromların eşlik ettiği dudak damak yarığı anomalilerinin oranı %5 ile %7 arasındadır (164, 179).

2.1.3. Dudak Damak Yarıklarının Epidemiyolojisi

Dünyada her iki dakikada bir olmak üzere günde 660, yılda ise ortalama 235000 dudak damak yarıklı bebek dünyaya gelmektedir. Dünya nüfusundaki artışa bağlı, bu sayıya ek olarak yıllık 3200 dudak damak yarıklı bebeğin daha doğumu beklenmektedir (95).

Dudak damak yarıklarının görülme sıklığı; coğrafya, cinsiyet, ırk gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (181). Görülme sıklıkları Asyalılarda yüksek, beyaz ırkta orta, siyah ırkta ise düşük olarak rapor edilmektedir. Dünyada yaklaşık 800 ila 1000 yeni doğanda bir görülürken; en yüksek ve en düşük oranda görüldüğü ülkeler sırasıyla Japonya ve Güney Afrika'dır (154, 172). Türkiye'de ise bu oran her 1000 doğumda bir olarak bildirilmektedir (169).

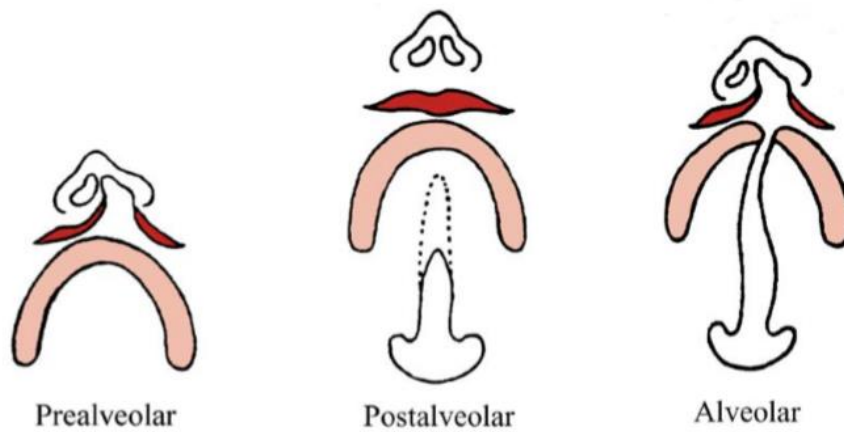
Dudak damak yarıklarının görülme sıklığı cinsiyet olarak incelendiğinde erkeklerde kızlardan 2 kat fazla görüldüğü belirtilmektedir (147). Türkiye'de cinsiyete göre dağılımları incelendiğinde; 1970-2008 yılları arasında İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'na başvuran dudak damak yarıklı

hastaların incelendiği bir çalışmada olguların % 49'unu kız, % 51'ini erkek bireylerin oluşturduğu görülmüştür (27). Tomatır ve arkadaşları 2004-2010 yılları arasında Denizli'deki dudak damak yarıklı hastaları inceledikleri çalışmalarında kız ve erkek bireylerin dağılımını sırasıyla %47,4 ve %51,6 olarak belirtmişlerdir (165).

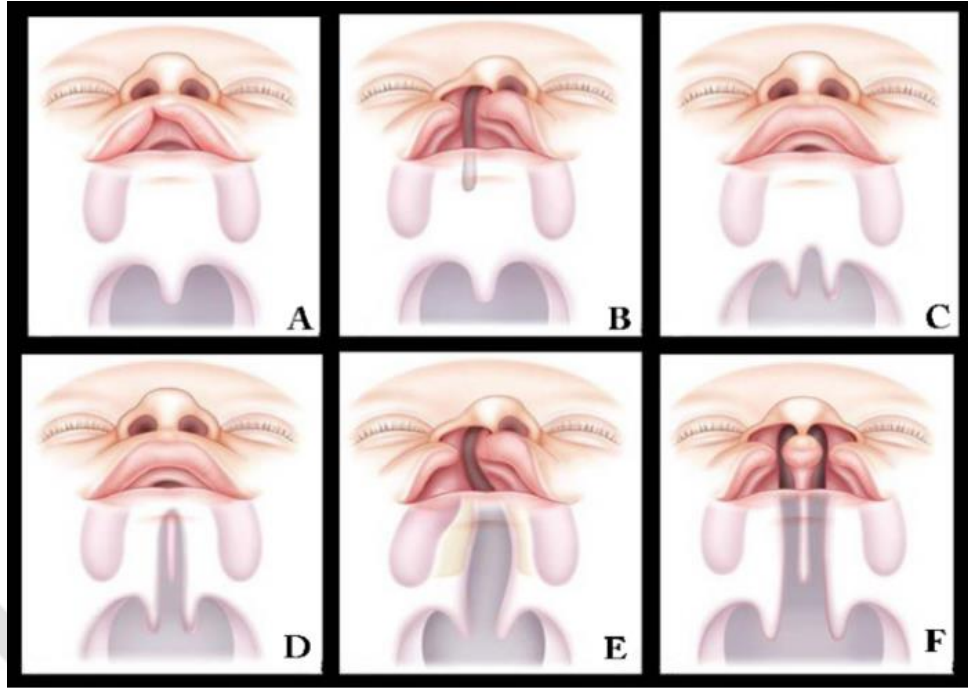
Tek taraflı dudak damak yarıklarının görülme sıklığının, çift taraflı dudak damak yarıklarına göre yaklaşık üç kat daha fazla olduğu bildirilmektedir. Tek taraflı dudak damak yarıklarının % 70'inin sol tarafta olduğu gözlenmektedir. Ancak bunun nedeni bilinmemektedir (147, 169).

2.1.4. Dudak Damak Yarıklarının Sınıflandırılması

Dudak damak yarıklarının sınıflandırılması ile ilgili olarak farklı araştırmacılar tarafından farklı sınıflandırma sistemleri oluşturulmuştur. Dudak damak yarıklarının tedavisinin multidisipliner bir yaklaşım gerektirmesi ve tedavi ekibinin birbirleriyle olan iletişiminin daha kolay olması için ortak bir sınıflandırma kullanılması önemlidir. Bu sınıflandırmalar arasında Davies ve Richie, Veau, Kernahan ve Stark, Sadler tarafından yapılan sınıflandırmalar en sık kullanılanlarıdır (32, 90, 91, 116, 143). Bu sınıflandırmalar aşağıdaki şekillerde (Şekil 2-1, Şekil 2-2, Şekil 2-3, Şekil 2-4) kısaca açıklanmıştır (28).

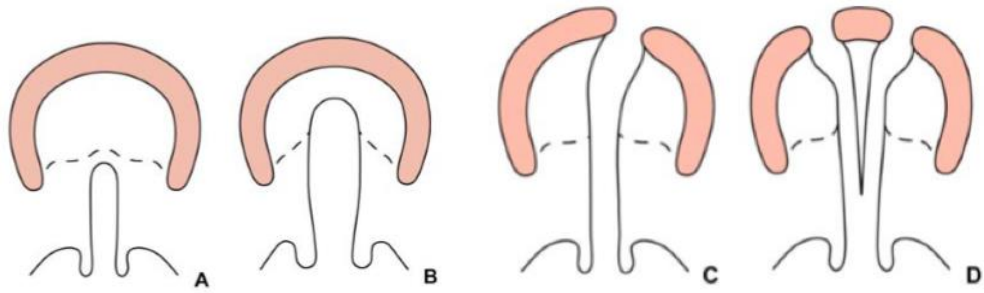


Şekil 2.1: Davies ve Ritchie'nin Sınıflandırması



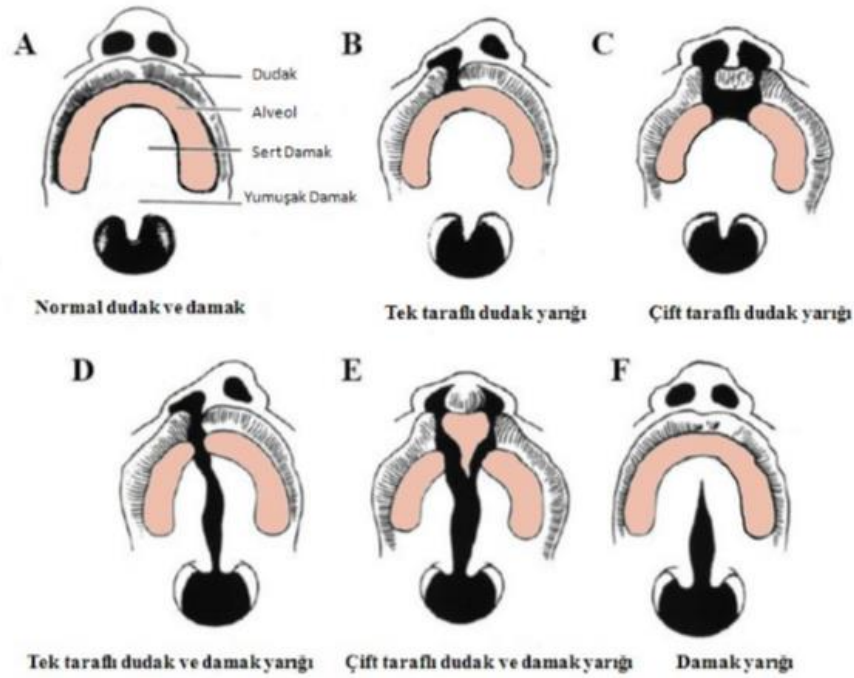
Şekil 2.2: Kernahan ve Stark'ın sınıflandırması

A: Tam olmayan dudak yarığı. B: Tam dudak yarığı. C: Tam olmayan damak yarığı. D: Tam damak yarığı. E: Tek taraflı tam dudak ve/veya damak yarığı. F: Çift taraflı tam dudak ve/veya damak yarığı.



Şekil 2.3: Veau'nun Sınıflandırması

A: İzole yumuşak damak yarığı. B: Sert damak, yumuşak damak ve uvula yarığı. C: Tek taraflı dudak, alveol, sert damak, yumuşak damak ve uvula yarığı. D: Çift taraflı dudak, alveol, sert damak, yumuşak damak ve uvula yarığı.



Şekil 2.4: Sadler'in Sınıflandırması

A: Normal B: Tek taraflı dudak yarığı C: Çift taraflı dudak yarığı D: Tek taraflı dudak ve damak yarığı E: Çift taraflı dudak ve damak yarığı. F: Damak Yarığı.

2.1.5. Dudak Damak Yarıklarının Tedavisi ve Dental ve İskeletsel Özellikleri

Dudak damak yarıklarının tedavisi multidisipliner bir yaklaşım gerektiren, uzun ve kapsamlı bir süreçtir. Tedavisinde plastik cerrahi, ortodonti, pedodonti, protez, odyoloji, psikoloji başta olmak üzere çeşitli bilim dalları işbirliği halinde çalışmaktadır. Bu süreçte dudak damak yarıklı bireylere doğumdan itibaren erişkin döneme kadar farklı gelişim periyotları boyunca ortodontik tedavi uygulanmaktadır (58).

Doğumdan itibaren dudak ameliyatına kadar geçen sürede alveolar şekillendirme amacıyla preoperatif maksiller ortopedi uygulanmaktadır. Preoperatif ortopedik tedavide amaç maksiller segmentlerin sıralanarak ark formunun düzeltilmesi, yarık bölgesinin küçültülmesi ve operasyonun başarısının artırılmasıdır (19, 108). Farklı araştırmacılar tarafından alveolar şekillendirme amacıyla farklı yöntemler tanıtılmıştır. Hotz ve ark. (76), dilin yarık olan bölgeye girişinin engellenmesi amacıyla pasif olarak kullanılan plak sayesinde yarık segmentlerin daraldığını belirtmişlerdir. Grayson ve ark. (59), akrilik plağa aşamalı olarak uygulanan akrilik ekleme ve çıkarma

işlemi ile alveolar segmentlerin seviyelenmesinin ve akriliğe eklenen burun uzantısı ile de burnun şekillendirilmesinin sağlanacağını belirtmişlerdir.

Dudak operasyonu bebek 3 aylıkken ve operasyon için uygun değerleri taşıdığına gerçekleştirilir. Dudak operasyonunda amaç dudağın fonksiyon görmesini sağlamak ve estetiği iyileştirmektir (135, 180). Damağın onarımı ise ortalama 12. aydan itibaren ikinci prosedür olarak gerçekleştirilir. Bazı araştırmacılar konuşma üzerindeki olumlu etkisi nedeniyle 6-12. ay aralığında damak operasyonunu önerirken (74); kraniyofasiyal büyüme ve gelişimin daha az etkilenmesini için operasyonun erken dönemde, 18. aydan önce yapılmaması gerektiğini savunan araştırmacılar da bulunmaktadır (29, 75).

Dudak damak yarıklı bireylerde kraniyofasiyal büyüme ve gelişim, dudak damak operasyonları sonrası oluşan skar dokularından ve embriyolojik nedenlerden kaynaklanan doku yetersizliğinden etkilenmektedir. Bu etkenler gelişen dokuları direkt olarak etkileyebilecekleri gibi anormal kas aktivitesi sonucu indirekt olarak büyüme gelişimi kısıtlayabilmektedir (173).

Literatürde tedavi görmemiş erişkin dudak damak yarıklı bireylerin maksillofasiyal gelişimlerini inceleyen çalışmalar mevcuttur (114, 130). Bishara ve ark. (15), opere edilmemiş tek taraflı dudak damak yarıklı bireyleri inceledikleri çalışmalarında, bu bireylerde kontrol grubuna göre maksillada yarıktan etkilenen segmentte hafif bir medial kollaps görüldüğünü ancak maksillanın boyutu ve ön-arka yön ilişkisi açısından anlamlı bir farklılık görülmediğini belirtmişlerdir.

Dudak damak yarıklı bireylerle ilgili yapılmış uzun dönem takibi içeren kapsamlı bir çalışma olan Sri Lanka Projesi'nde opere edilmiş ve edilmemiş olgular hem fasial büyüme paternleri hem de iskeletsel ve dişsel özellikleri açısından incelenmişlerdir (98). Projenin operasyonun etkilerinin incelendiği çalışmasında 13 yaşın üzerinde 28 hiç opere edilmemiş, 18 sadece dudak operasyonu geçirmiş, 14 hem damak hem dudak operasyonu geçirmiş dudak damak yarıklı erkek bireyler değerlendirilmiştir. 23 sağlıklı birey de kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda dudak damak operasyonu geçirmeyen bireylerde normal büyüme paterni, sadece dudak operasyonu geçirmiş bireylerde normale yakın büyüme paterni ancak hem dudak hem damak operasyonu geçirmiş bireylerde maksillada gelişim geriliği görüldüğü bildirilmiştir. Ancak tüm bu sonuçlara rağmen damak onarımının geç

dönemde yapılması konuşma problemlerini şiddetlendirmesi nedeniyle önerilmemektedir (105, 146).

Dudak damak yarıklı bireylerde süt dişlenmeden karışık dişlenmeye geçiş döneminde maksilla ve mandibulanın boyutları ve dental arklar arasında artan uyumsuzluk görülmektedir. Bu uyumsuzluğun şiddeti yarık tipi, yarık bölgesindeki mevcut doku miktarı, alveolar segmentler arasındaki ilişki, geçirilen cerrahi operasyon sayısı, cerrahi operasyonun zamanlaması, cerrahi teknik, bireyin büyüme-gelişim potansiyeli ve bireysel anatomik özelliklere bağlı olarak değişmektedir (12, 28, 66, 110).

Dinçer ve ark. (38) , 13-16 yaşları arasında tek ve çift taraflı dudak damak yarığı görülen 141 bireyi inceledikleri çalışmalarında çift taraflı dudak damak yarıklarında artmış overjet ve overbite ile beraber Angle Sınıf II maloklüzyon görüldüğünü, tek taraflı dudak damak yarıklarında ise çoğunlukla tek taraflı olmak üzere posterior çapraz kapanış, tersine overjet ve Angle sınıf III maloklüzyon görüldüğünü bildirmişlerdir. Ayrıca yarık bölgesindeki lateral ve premolar dişinde konjenital eksiklik görülme olasılığı yarık olmayan tarafa göre istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Baek ve ark. (7), 2002 yılında Kore'deki 250 dudak damak yarıklı bireyi inceledikleri çalışmalarında vakaların %76'sını tek taraflı dudak damak yarığının oluşturduğunu ve %72.7'sinde Angle Sınıf III maloklüzyonun görüldüğünü bildirmişlerdir. Dudak damak yarığının Angle Sınıf III maloklüzyon görülme olasılığını arttırdığını bildirmişlerdir.

2.1.5.1. Dudak Damak Yarıklarının Tedavisinde Maksiller Genişletme

Maksillanın transversal yöndeki yetersizliği kollabe olmuş maksiller arka ve posterior çapraz kapanışa neden olmaktadır (10). Dudak damak yarıklı bireylerde görülen maksiller darlığın tedavisinde maksiller genişletme apareyleri kullanılmaktadır. Literatürde bu amaçla; Haas, Hyrax, Bonded RPE, Fan-Type ekspansiyon apareyleri, Quad Helix, W apareyi, Porter ekspansiyon apareyi, Ni-Ti Palatal Expander, Coffin Spring, magnetli ekspansiyon apareyi kullanılmıştır (2, 4, 14, 103, 153).

Rapid palatal ekspansiyon (RPE) veya rapid maksiller ekspansiyon (RME), maksillanın genişletilmesi amacıyla posterior dentisyona lateral yönlü resiprokal kuvvet

uygulanması işlemidir. Uygulanan kuvvet sonucu ortaya çıkan basınç periodontal ligamanı sıkıştırıp, alveolar parçayı laterale hareket ettirerek ve ankraj olarak alınan dişleri vestibüle eğerek midpalatal suturda açılma meydana getirmektedir (62). Sutura palatina medianın açılması sonucu sfenoid kemik hariç maksilla ile eklem yapan bütün kemiklerde hareket meydana gelmektedir. Rapid maksiller ekspansiyonun biyomekanik etkileri dudak damak yarığı görülen bireylerde farklılık gösterebilmektedir. Bu farklılığın temel sebebi bu vakalarda midpalatal suturda füzyon görülmemesidir (133, 176).

2.1.5.2. Dudak Damak Yarıklarının Tedavisinde Maksiller Protraksiyon

Maksillanın sagittal yöndeki gelişim geriliği maksiller retrüzyona bağlı iskeletsel sınıf III maloklüzyona neden olmaktadır. Maksiller retrüzyona bağlı iskeletsel sınıf III maloklüzyonun tedavisinde yüz maskesi kullanılmaktadır (7).

Yüz maskesi uygulaması 1800'lü yılların sonlarına doğru denenmiş olmasına karşın, Delaire tarafından 1971 yılında kendi adını taşıyan 'Delaire yüz maskesi'nin tanıtılmasıyla yeniden popülerlik kazanmıştır. İlerleyen yıllarda farklı araştırmacılar tarafından yüz maskesinin etkinliğinin artırılması amacıyla farklı yön ve büyüklükteki kuvvetlerin, ankraj tiplerinin denendiği modifikasyonları kullanılmıştır (48, 51). Yüz maskesi kullanımındaki amaç uygulanan kuvvet ile sirkummaksiller suturalara etki edilerek maksiller gelişimin simüle edilmesidir. Literatürde bu amaçla 200 gr ile 2000 gr arasından değişen kuvvetler uygulanmaktadır (26, 33). Bu kuvvetler elastikler yolu ile yüz maskesinin ağız içi ankraj ünitesinden uygulanmaktadır. Ağız içi ankraj ünitesi olarak sabit mekanikler, hareketli plaklar, çeşitli ekspansiyon apareyleri, iskeletsel ankraj üniteleri kullanılmaktadır (26, 33, 129, 177).

Tindlund (162); dudak damak yarıklı 10 yaş altı bireylerde yüz maskesinin etkilerini incelediği çalışmada; maksillada ve maksiller dentisyonda belirgin öne hareket görüldüğünü, maksillanın saat yönünde rotasyon gerçekleştirdiğini ve alt yüz yüksekliğinin arttığını belirtmiştir. Protraksiyon kuvvetlerinin uygulanma yaşı azaldıkça etkinliğinin arttığını bildirmiştir.

So (148), tek taraflı dudak damak yarığı görülen kız hastalarda ortalama 9.7 aylık yüz maskesi kullanımı sonucunda elde edilen düzelmenin; 2/3'ünün iskeletsel, 1/3'ünün dişsel olarak sağlandığını bildirmiştir.

Dudak damak yarıklarının tedavisinde maksiller protraksiyonun etkinliğinin artırılması amacıyla rapid maksiller ekspansiyonla beraber yüz maskesi kullanımı etkili bir tekniktir. RME ile sirkummaksiller suturlarda sağlanan serbestlenme sayesinde yüz maskesinin etkinliği artmaktadır (63, 109).

Tindlund ve ark. (163) ve Bushang ve ark. (20), tek taraflı dudak damak yarığı görülen bireylerde sırasıyla Quad Helix apareyi ve akrilik splint tip hızlı üst çene genişletme apareyi ile üst çene genişletilmesinin ardından yüz maskesi uyguladıkları çalışmalarında; maksillada öne hareket, mandibulada saat yönünde rotasyon, üst kesicilerde labiale hareket görüldüğünü, alt kesicilerin ise stabil konumda kaldığını bildirmişlerdir.

Burak ve ark. (18), tek taraflı dudak damak yarığı görülen ortalama yaşları 8 yıl olan 90 birey üzerinde inceledikleri çalışmalarında akrilik splint tip hızlı üst çene genişletme apareyi ile üst çene genişletilmesinin ardından yüz maskesi ile maksiller protraksiyon kuvveti uygulamışlardır. Maksillada öne ve aşağı doğru büyüme ile beraber vertikal yüz boyutlarında artış saptamışlardır. Elde edilen sonuçların genetik faktörlere, doğru biyomekaniklerin kullanılmasına, hasta kooperasyonuna ve tüm bunların kombinasyonuna göre farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir.

2.1.5.3. Dudak Damak Yarıklarının Tedavisinde Alveolar Kemik Grefti

Dudak ve/veya damak onarımı sonrasında başarılı ve kalıcı bir estetik ve fonksiyon elde etmek için alveolar yarıkların onarılması gereklidir. Alveolar kemik greftlemesi literatürde sıkça yer alan bir cerrahi işlem olup yarıkların onarımı ve kemik yapıdaki bütünlüğün sağlanması amacıyla uygulanmaktadır (102, 140, 147).

Alveolar kemik greftlemesi uygulama yaşına göre birincil veya ikincil kemik grefti olarak karşımıza çıkmaktadır. Birincil kemik greftlemesi 1950 ve 1960'larda yaygın olarak kullanılan bir yöntem olup birincil dudak onarımı ile eş zamanlı veya damak onarımı öncesinde uygulanmaktadır. Bu dönemde yapılan greftlemenin maksiller arkin stabilizasyonu, ağız hijyeninin erken dönemde sağlanması ve fonasyonun daha

hızlı düzelmesi gibi faydaları olduğu bildirilmesine rağmen; bu yöntem maksiller gelişimi sınırlandırıcı etkisi nedeniyle yaygın bir şekilde terk edilmiştir ve günümüzde uygulanmamaktadır (13). Uzun süreli takip çalışmalarında birincil kemik greftlemesi sonrasında maksiller retrüzyon ve çapraz kapanış sıklığında artış rapor edilmektedir (160).

İkincil kemik greftlemesi ise 1972 yılında Boyne ve Sand tarafından tanıtılmış olup; erken (2-5 yaş), orta (6-12 yaş) veya geç (12 yaşından sonra) dönem olarak uygulanabilmektedir. Erken dönem ikincil alveolar kemik grefti birincil kemik greftine benzer dezavantajlara sahip olması nedeniyle tercih edilmemektedir ve literatürde bu dönemde yapılan greftlemenin başarısını gösteren yeterli çalışma bulunmamaktadır (13, 37, 160).

Orta dönem ikincil alveolar kemik grefti uygulaması alveolar kemik grefti için en uygun dönem olup ideal olarak 8-12 yaşları arasındaki, daimi kaninin kök oluşumunun $\frac{1}{2}$ ile $\frac{3}{4}$ oranında tamamlandığı dönemdir. Bu dönemde uygulanan kemik greftinin avantajları; alveolar bütünlüğün sağlanması, yarık hattına komşu dişlere kemik desteği sağlanması ve dişlerin yarık hattına doğru sürebilmeleri için kemik matriksi oluşumunun sağlanması olarak bildirilirken bu dönemde çene-yüz gelişimi üzerinde de sınırlandırıcı etki görülmemektedir (13, 64, 160, 170).

Daimi kanin dişinin erüpsiyonundan sonraki greftlemeler geç dönem ikincil alveolar kemik greftlemesi olarak adlandırılmaktadır. Bu dönemde yapılan greftlemedeki amaç; protetik tedaviler için uygun şartların sağlanması ve mevcut oronazal fistüllerin kapatılmasıdır. Bu dönemde alveolar kemik greftlemesi yapılan hastalarda yarık bölgesine komşu dişlerin kemik desteğinde azalma ve morbiditede artış rapor edilmiştir (65, 101, 160).

Brattstorm ve ark. (16), birincil kemik grefti uygulanan hastalarda başarı oranını %41, orta dönem ikincil kemik grefti uygulanan hastalarda ise bu oranı %73 olarak bildirmişlerdir. Uzel ve ark. (170), üç boyutlu bilgisayarlı tomografi görüntüleri üzerinde yaptıkları retrospektif çalışmalarında orta dönem ikincil kemik grefti uygulanan hastalarda başarı oranını %81.2 olarak belirlerken, kanin dişi sürdükten sonra geç dönemde alveolar kemik grefti uygulanan hastalarda başarı oranını %33 olarak bildirmişlerdir.

Alveolar kemik grefti uygulamasında hem otojen hem de alloplastik birçok kaynak üzerinde çalışma yapılmıştır. Ancak otojen kemik greftleri sıklıkla tercih edilmektedir. Kansellöz kemik vaskülariteyi arttırması ve osteoegenezisle birlikte primer iyileşmeyi sağlayarak kemik rejenerasyonunu başlatması açısından kortikal kemiğe göre daha avantajlıdır. Donör bölge olarak iliak kemik sıklıkla tercih edilirken; kalvaryum, mandibular semfiz, tibia da donör bölgeler arasında yer almaktadır (64, 101, 160).

Maksiller darlık bulunan dudak damak yarıklı hastalarda alveolar yarıklarının onarımının zamanlaması ile ilgili farklı görüşler bulunmaktadır. Araştırmacıların büyük çoğunluğu alveolar kemik grefti uygulamasından önce maksiller genişletmenin yapılmasının; genişletmeye karşı kemik direncinin daha az olması ve operasyon sahasının görüşünün daha kolay olması gibi avantajlara sahip olduğunu savunmaktadır. Diğer yandan greftleme sonrası genişletme yapılmasının küçük defekt alanına otojen kemik elde edilmesinin daha kolay olması, küçük defekte iyileşmenin daha hızlı gerçekleşmesi ve kemik rejenerasyonunun daha hızlı olması gibi avantajları olduğu bildirilmektedir. Her iki yöntemdeki avantajlara karşın zamanlamanın seçiminde her vakaya ait özellikler de göz önünde bulundurulmalıdır (160).

2.2. Sonlu Elemanlar Analizi

Sonlu elemanlar analizi, karmaşık yapıları sonlu sayıda elemanlara bölerek mantıklı sonuçlar elde etmeye dayanan nümerik bir tekniktir (152, 175). Bu teknikte gerilme, gerinim, yer değiştirme gibi parametreler, integral ya da diferansiyel denklemler oluşturularak bilgisayar simülasyonu yoluyla çözümlenir (118).

Sonlu elemanlar analizi ile ilgili ilk çalışmalar 1956 yılında havacılık alanında uçaklara ait karmaşık yapılardaki gerilmelerin hesaplanması amacıyla yapılmıştır. Ancak daha sonraları akışkan mekaniği, biyomekanik, ısı transferi, akustik gibi alanlarda kullanılmaya devam etmiştir. Günümüzde birçok mühendislik bölümünde sıklıkla kullanılmaktadır (44, 139).

Diş hekimliğinde sonlu elemanlar analizinin kullanımı ilk olarak 1968 yılında Ledley ve Huang (99) tarafından yapılmıştır. Çalışmada modellenen dişe uygulanan farklı yönlerdeki kuvvetlerin kemik dokusunda meydana getirdiği gerilmeler

incelenmiştir. Ortodontide sonlu elemanlar analizinin kullanımı ise 1971 yılında Davidian'ın (31) yaptığı ve üst orta kesici dişin rotasyon merkezinin bulunması amacıyla uygulanan kuvvetlerin meydana getirdiği değişimlerin incelendiği çalışmaya dayanmaktadır. Yöntem bu tarihlerden itibaren diş ve çevre dokularda meydana gelen değişimlerin incelenmesi için sıklıkla kullanılmaktadır (156, 161).

2.2.1. Terminoloji

Sonlu elemanlar analizinde cisimlere uygulanan farklı yön ve büyüklükteki kuvvetlerin meydana getirdiği gerilme ve yer değişimleri incelenmektedir. Bu nedenle analiz sonuçlarının anlaşılabilir ve doğru yorumlanabilmesi bazı terimlerin bilinmesi gerekmektedir.

2.2.1.1. Kuvvet

Bir cismin hareketini başlatan, durduran ya da şeklini değiştirebilen etkiye kuvvet denir. Kuvvet vektörel bir büyüklük olup doğrultu, yön, şiddet gibi özelliklere sahiptir (96, 166).

Kuvvet (F) = Kütle (m) x İvme (a) formülü ile hesaplanır. Kuvvetin birimi genellikle Newton (N) cinsinden ifade edilmekte birlikte; kilogram-kuvvet (kgf), gram-kuvvet (gf), ons (oz) veya dyne (dyn) cinsinden de ifade edilebilir. Bu birimler arası dönüşümler $1\ kgf = 1000gf = 32,18\ oz = 9,81\ N = 981000\ dyn$ şeklindedir (121).

2.2.1.2. Gerilme (Stres)

Gerilme, bir cisme kuvvet uygulanması sonucunda o cisim içerisinde birim alanda kuvvete karşı meydana gelen tepki olarak tanımlanmaktadır. Gerilme birimi olarak Pascal ($1\ Pa = N/m^2$) kullanılmaktadır. Diş hekimliğinde incelenen boyutların milimetrik olması nedeniyle Megapascal (MPa veya N/mm^2) birimi tercih edilmektedir (166).

Uygulanan kuvvet sonrası cisimde üç tip gerilme meydana gelmektedir. Cisme uygulanan ve moleküllerini birbirine yaklaştırmaya zorlayan aynı doğrultuda ve ters yönlü iki kuvvetin meydana getirdiği gerilme basma gerilmesidir. Cisme uygulanan ve

moleküllerini birbirinden ayrılmaya zorlayan aynı doğrultuda ve ters yönlü iki kuvvetin meydana getirdiği gerilme çekme gerilmesidir. Cismin moleküllerini ters yönde ve farklı seviyelerdeki iki kuvvetin aynı anda kaymaya zorlamasıyla meydana gelen gerilme tipine ise makaslama gerilmesi adı verilmektedir (166).

2.2.1.3. Asal Gerilme

Tüm gerilmelerin yalnızca alana dik yöndeki gerilmelerden oluştuğu ve makaslama gerilmesinin sıfır olduğu gerilmeler ‘asal gerilme’ (principal stres) olarak tanımlanmaktadır (47).

Asal gerilme; maksimum, ara ve minimum asal gerilme olarak üçe ayrılmaktadır. Maksimum asal gerilmeler pozitif değerler olup, en yüksek çekme gerilmelerini ifade eder. Minimum asal gerilmeler ise negatif değerler olup, en yüksek basma gerilmesini ifade eder. Bir analizde, incelenen düğüm noktasında en yüksek mutlak değere sahip olan gerilmenin etkisi baskındır (60).

2.2.1.4. Von Mises Gerilmesi

Von mises gerilmesi enerji prensiplerinden elde edilmiş bir terim olup; kuvvet uygulanan cisimde gerilme dağılımının gösterilmesi amacıyla kullanılır. Üç boyutlu bir ifadeyi tek bir pozitif sayı haline dönüştürerek skala üzerinde ifade eder (78).

2.2.1.5. Gerinim (Strain)

Gerinim; bir cisme uygulanan kuvvet sonucunda ortaya çıkan gerilmenin cisimde meydana getirdiği şekil değişimi olarak ifade edilmektedir. Gerinim gerilmenin aksine bir kuvvet değil, skaler bir büyüklüktür. Meydana gelen deformasyonun orjinal uzunluğa olan oranı şeklinde hesaplanabilmektedir (56, 77).

2.2.1.6. Elastiklik Sınırı

Elastiklik sınırı; belirli bir kuvvet karşısında cismin plastik şekil değişimi görülmeksizin dayanabildiği maksimum gerilmeyi ifade eder. Cismin elastik özellik gösterebildiği maksimum yük ve esneme limiti olarak da ifade edilebilmektedir (124).

2.2.1.7. Elastiklik Modülü (Young Modülü)

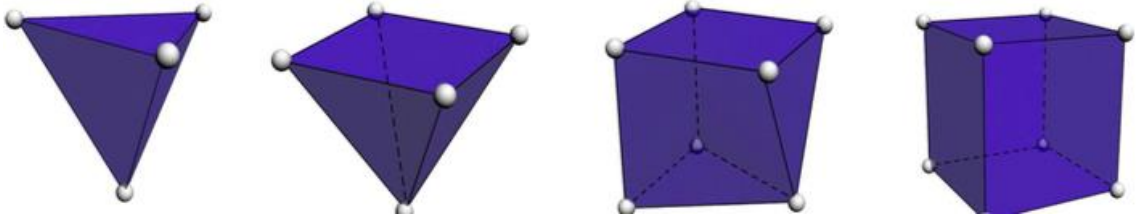
Cismin elastik sınırına kadar olan Gerilme / Gerinim (Stress / Strain) oranı olup, bu sınır içerisindeki dayanıklılığını gösterir. Bu oran esneklik sınırına kadar birbiriyle doğru orantılı olup hook kanunu olarak ifade edilmektedir. Elastiklik modülü farklı materyaller için farklı değerler taşımakta olup cismin sertliği arttıkça gösterdiği iç direnci dolayısıyla da elastiklik modülü artacaktır (166).

2.2.1.8. Poisson Oranı

Cisimler çekme yada basma kuvvetleri sonucunda elastiklik sınırları içinde boyutsal bir değişim gösterirler. Kuvvetin yönüne göre bir yönde uzama meydana gelirken diğer yönde kısılma gerçekleşir. Cismin eninde meydana gelen birim boyut değişiminin, boyunda meydana gelene birim boyut değişimine oranına Poission Oranı adı verilmektedir (47, 166).

2.2.1.9. Eleman (Element)

Sonlu elemanlar analizinde çözümü istenen bölge, tam olarak formüle edilebilmesi amacıyla sonlu sayıda küçük geometrik birimlere ayrılır. Bu geometrik birimlere ‘eleman (element)’ adı verilir. Elemanlara bölünmüş geometrik cisim ‘matematiksel model’ denilmektedir (17, 45). Elemanlar tek boyutlu, 2 boyutlu veya 3 boyutlu olabilir. Tek boyutlu olanlarda doğrular, iki boyutlularda üçgenler veya paralelkenarlar; üç boyutlularda ise dört, beş ve altı yüzlü yapılar kullanılmaktadır. Şekil 2-5’te farklı geometrilere sahip üç boyutlu elemanlar görülmektedir (104).



Şekil 2.5: Farklı geometrilerdeki üç boyutlu elemanların görünümü

2.2.1.10. Düğüm (Node)

Sonlu elemanlar analizinde tanımlanan sonlu sayıdaki elemanlar ‘düğüm (node)’ adı verilen bağlantı noktaları ile birbirlerine bağlanırlar. Denklemler elemanların düğüm noktaları üzerinde yazılırlar. Bu nedenle analizde bilinmeyen ve hesaplanması istenen değerler düğümlerdeki değerlerdir (17, 127).

2.2.2. Sonlu Elemanlar Analizinin Çalışma Aşamaları

Sonlu elemanlar analizinin temel prensibi çözülmesi zor ve karmaşık bir yapının küçük birimlere ayrılarak daha kolay hesaplanabilir hale getirilmesi ve ardından çözülmesidir (77).

2.2.2.1. Hazırlık Aşaması

Sonlu elemanlar analizinin hazırlık aşaması; geometrik modelin oluşturulması, matematik modelin oluşturulması (ağ yapısı oluşturma), malzeme özelliklerinin programa girilmesi ve sınır koşullarının tanımlanması bölümlerinden oluşmaktadır (77). Bir sonlu elemanlar analizinde çözümün gerçeğe yakın olabilmesi; geometrik modele, kullanılan eleman tipi ve sayısına, tanımlanan sınır koşullarına ve malzeme özelliklerine bağlıdır. Bu nedenle analizin en önemli bölümü hazırlık aşamasıdır (132).

Geometrik Modelin Oluşturulması

Sonlu eleman modeli oluşturulmasında incelenecek modelin geometrisi; BT veya MR görüntüleri aracılığıyla, yüzey tarayıcıları ile taranarak veya doğrudan modelleme programları ile çizilerek bilgisayar ortamına aktarılabilmektedir (21, 80, 82). Bilgisayar

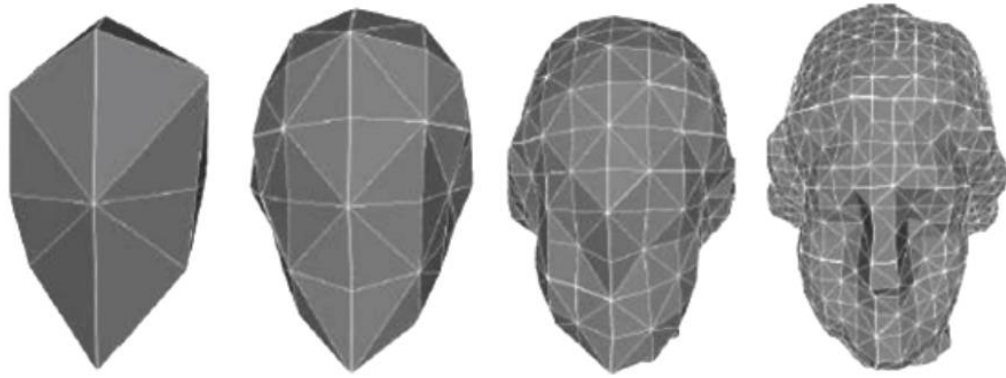
ortamında Amira, Mimics, 3D Doctor gibi yazılım programları görüntünün işlenmesi amacıyla kullanılmaktadır (132).

Matematik Modelin Oluşturulması

Oluşturulan geometrik model sonlu sayıda elemandan oluşan geometrik şekillere ayrılır. Modeli oluşturan bu elemanlar düğüm adı verilen noktalar ile birbirine bağlanır. Bu yapıya ‘matematik model’ ya da ‘ağ yapı’ adı verilmektedir. Matematik modelin oluşturulması işlemi otomatik olarak program aracılığıyla yapılabileceği gibi analizi yapan kişi tarafından kriterler ayrı ayrı belirlenerek manuel olarak da gerçekleştirilebilir (141).

Ağ yapıyı oluşturan eleman tipleri tek, iki ya da üç boyutlu olabilmektedir. Ancak tek ve iki boyutlu olanlar biyolojik dokuların gerçekliğini yansıtmada yetersiz kaldıkları için günümüzde üç boyutlu olan; dört, beş, altı, sekiz ya da 10 düğümlü elemanlar tercih edilmektedir (141, 171).

Sonlu elemanlar analizinde sonuçların gerçeğe yakın olması eleman sayısı ve tipi ile ilişkilidir. Eleman sayısının arttırılması analiz süresini ve hassasiyetini arttırmaktadır (132). Eleman sayısı ve düğüm noktası arttırılmış geometrik modeldeki değişim Şekil 2-6’da gösterilmiştir (104).



Şekil 2.6: Eleman sayısı ve düğüm noktası arttırılmış geometrik model

Malzeme Özelliklerinin Programa Girilmesi

Oluşturulan matematik modelin fiziksel özelliğini yansıtmayı amacıyla; elemanların young modülü ve poisson oranı değerleri programa girilir. Young modülü

kuvvet altında materyalde oluşacak deformiteyi gösterirken, poisson oranı da kuvvet altında materyalin enindeki ve boyundaki şekil değişiminin birbirine oranını ifade etmektedir (87).

Sınır Koşullarının Tanımlanması

Sınır koşulları, gerilme ve deplasmanların sınır ifadelerini kapsar. Ağ yapıya sahip olan modelin nereden sabitlendiğini ve kuvvetin nereden uygulandığını gösterir (56). Literatürde yer alan kafatasının modellendiği ve kraniyofasiyal iskelette oluşan değişikliklerin sonlu elemanlar analizi ile incelendiği çalışmalarda sınır koşulları genellikle foramen magnum bölgesinde belirlenerek bu bölgede sıfır rotasyon ve sıfır yer değiştirme değerleri tanımlanmıştır (53, 176, 183).

2.2.2.2. Çözüm Aşaması

Analiz aşamasında oluşturulan matematiksel modelde belirlenen düğüm noktalarından kuvvet uygulanması ile ağ yapıyı oluşturan diğer tüm düğüm noktalarında meydana gelen değişiklikler için matrisler oluşmakta ve bu matrisler bilgisayar yardımı ile hesaplanmaktadır. Böylece her bir elemandaki ve elemanların oluşturdukları cismin tümündeki gerilme, gerinim ve yer değiştirmeler belirlenmektedir (77, 118).

2.2.2.3. Sonuçların Yorumlanması Aşaması

Günümüzde gelişen teknoloji ile beraber sonlu elemanlar analizinde çok sayıda eleman ve düğüm noktası kullanarak analizin güvenilirliğinin artırılması hedeflenmektedir. Bunun sonucunda da yer değiştirme, gerinim ve gerilmeye ait çok sayıda veri elde edilmektedir. Bu veriler; yer değiştirme görüntüleri, animasyonlar ve gerilme değerlerini gösteren renklendirilmiş görüntüler aracılığıyla gösterilmekte ve bu şekilde daha kolay yorumlanabilmektedir (118).

2.3. Konu ile ilgili Literatürde Sonlu Elemanlar Analizinin Kullanıldığı Çalışmalar

Diş hekimliğinde sonlu elemanlar analizi ile ilgili yapılan çalışmalarda genel olarak iki çeşit inceleme yapılabilmektedir. Bunlardan birincisi kuvvet sistemlerinin dişler ve çevre iskeletsel yapılar üzerinde oluşturduğu gerilme ve şekil değişimlerinin

incelenmesidir. Bir diğeri ise büyüme gelişim ile beklenen iskeletsel değişimin simülasyonu yoluyla kraniyofasiyal büyümenin değerlendirilmesidir. Sonlu elemanlar analizi 1970’li yıllardan itibaren bu amaçlarla diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmıştır. Yapılan pek çok çalışmada klinik olarak önemli sonuçlar elde edilmektedir (31, 81, 99, 156, 161).

Tanne ve ark. (155), 1989 yılında yayınladıkları çalışmalarında maksiller protraksiyonun kraniyofasiyal sistem üzerine olan etkilerini ilk kez incelemişlerdir. Sonlu eleman modelinin oluşturulması amacıyla kuru kafatasının fotoğrafları kullanılmış ve model çizim yoluyla bilgisayara aktarılmıştır. Oklüzal düzlemle değişen açılarda uygulanan protraksiyon kuvvetinin meydana getirdiği stres dağılımı ve yer değişimi miktarları incelenmiştir.

Jinushi ve ark. (83), 1997 yılında yayınladıkları çalışmalarında üç farklı yönde kuvvet uygulayarak uzun ve kısa kollu face bow’un maksillofasiyal kompleks üzerindeki etkilerini sonlu elemanlar analizi ile değerlendirmişlerdir.

Jafari ve ark. (81), Pan ve ark. (133), Provatidis ve ark. (137), hızlı üst çene genişletilmesinin sirkummaksiller suturalarda meydana getirdiği stress dağılımlarını sonlu elemanlar analiz ile incelemişlerdir.

Holberg ve Rudaki-Janson (70), 2006 yılında yayınladıkları çalışmalarında hızlı üst çene genişletilmesinin maksilla ve çevre iskeletsel yapılarda meydana getirdiği değişiklikleri büyüme gelişimi tamamlanmamış ve tamamlanmış iki farklı grupta incelemişlerdir.

Gautam ve ark. (55), 2009 yılında yayınladıkları çalışmalarında maksiller protraksiyonu tek başına ve hızlı üst çene genişletmesi ile beraber uygulamışlar ve meydana gelen stres dağılımlarını sonlu elemanlar analizi ile incelemişlerdir.

Lee ve Baek (100), 2012 yılında yayınladıkları çalışmalarında maksiller protraksiyonu apertura piriformis bölgesine ve infrazigomatik bölgeye uygulanan miniplaklar üzerinden simüle etmişler ve sonlu elemanlar analizi ile sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Apertura piriformis üzerinden kuvvet uygulamasında maksillada öne ve aşağı doğru hareket meydana gelirken, infrazigomatik bölgeden uygulanan kuvvet sonucu maksillada saat yönünün tersinde rotasyon meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Özellikle son yıllarda dudak damak yarıklı bireyler ile ilgili de sonlu elemanlar analizi kullanılarak çalışmalar yapılmaktadır.

Chen ve ark. (22), 2010 yılında yayınladıkları çalışmalarında şiddetli maksiller hipoplazi görülen dudak damak yarıklı bir bireye ait kafatası modeli üzerinde Le Fort I, Le Fort II ve Le Fort III kesileri ile maksiller ilerletmeyi simüle etmişler ve çıkan sonuçları sonlu elemanlar analizi ile değerlendirmişlerdir.

Gautam ve ark. (54), 2011 yılında yayınladıkları çalışmalarında tek taraflı dudak damak yarığı anomalisinde hızlı üst çene genişletmesinin iskeletsel ve dişsel etkilerini sonlu elemanlar analizi ile değerlendirmişlerdir.

Yang ve ark. (183), 2012 yılında yayınladıkları çalışmalarında maksiller protraksiyona yarık tipinin, ankraj seçiminin ve alveolar kemik greftinin etkisini sonlu elemanlar analizi ile değerlendirmişlerdir.

Ölmez ve ark. (132), 2014 yılında yayınladıkları çalışmalarında tek taraflı dudak damak yarığı görülen bir bireyde maksiller sagittal distraksiyon osteogenezisinin meydana getirdiği stres dağılımı ve yer değişimi miktarını dudak damak yarığı görülmeyen bir vaka ile karşılaştırmalı olarak sonlu elemanlar analizi ile incelemişlerdir.

Zhang ve ark. (185), 2015 yılında yayınladıkları çalışmalarında tek taraflı dudak damak yarıklı bir vakada maksiller protraksiyonun maksiller genişletme ile beraber ve maksiller genişletme olmaksızın meydana getirdiği iskeletsel yer değişimi miktarını sonlu elemanlar analizi ile değerlendirmişlerdir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada tek taraflı dudak damak yarığı anomalisinde farklı kombinasyonlar ile uygulanan maksiller genişletme, maksiller protraksiyon ve alveolar kemik grefti uygulamalarının maksilla, maksillayı çevreleyen iskeletsel yapılar ve dişler üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Analiz yöntemi olarak üç boyutlu sonlu elemanlar analiz yöntemi kullanılmıştır. Daha önce ortodontik tedavi ve alveolar kemik grefti uygulanmamış, tek taraflı dudak damak yarığı görülen, adolosan dönemdeki 13 yaşındaki erkek hastadan elde edilen üç boyutlu bilgisayarlı tomografi görüntüsü kullanılarak üç boyutlu modelleme yapılmış, sonlu elemanlar analizi ile simülasyonlar gerçekleştirilmiştir.

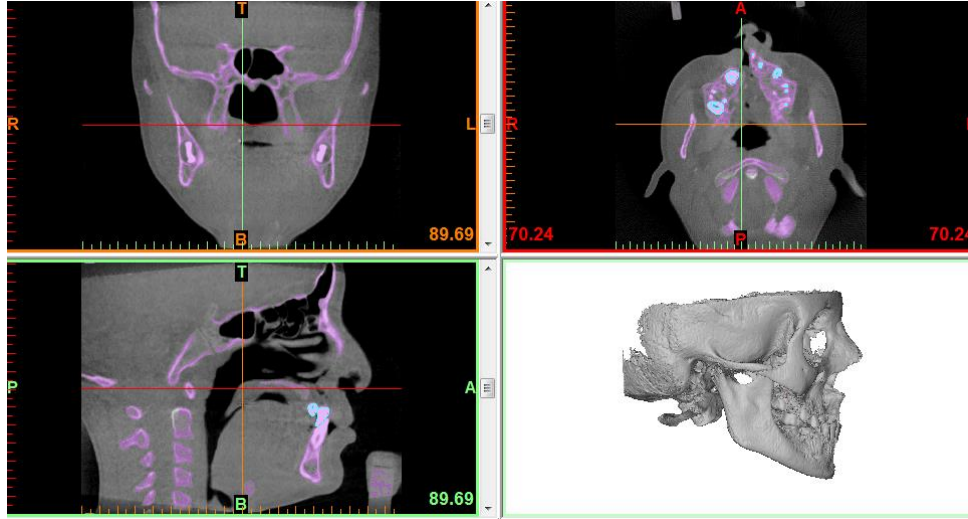
Çalışmamız için İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 2015/66 dosya numarası ile 25.11.2015 tarihinde etik kurul onayı alınmış olup; karar 27.04.2016 tarihinde revize edilmiştir.

3.1. Geometrik Modelin Oluşturulması

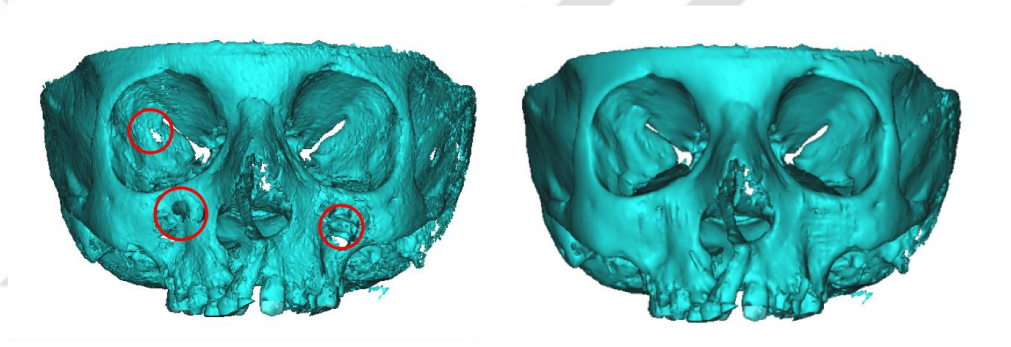
Bu çalışmada tek taraflı dudak damak yarığı görülen, daha önce ortodontik tedavi ve alveolar kemik grefti uygulanmamış, 13 yaşındaki erkek hastadan 0.29 mm kesit kalınlığında elde edilen Dental Volumetrik Tomografi (DVT) görüntüsü kullanılarak geometrik model elde edilmiştir.

Alınan DVT görüntüsü DICOM (Digital Imaging and Communications) adı verilen medikal görüntü formatındadır. DICOM ham verilerini MIMICS (Materialise's Interactive Medical Image Control System) versiyon 10.01 programına aktararak bilgisayar ortamında işlenmeye hazır hale getirilmiştir (Şekil 3-1).

Modelin ağ yapısı oluşturulmadan önce modeldeki parazit görüntüler, kemik yapılarına ait sivri veya belirsiz çıkıntılar ayrıştırılarak temizlenmiştir (Şekil 3-2). Ayrıca analizdeki eleman sayısının artmasına ve analiz süresinin uzamasına neden olmaması için mandibula ve servikal vertebralar da ayrıştırılarak ana modelden çıkarılmıştır.



Şekil 3.1: DVT görüntüsünün MIMICS programına aktarılarak görüntünün yapılandırılması

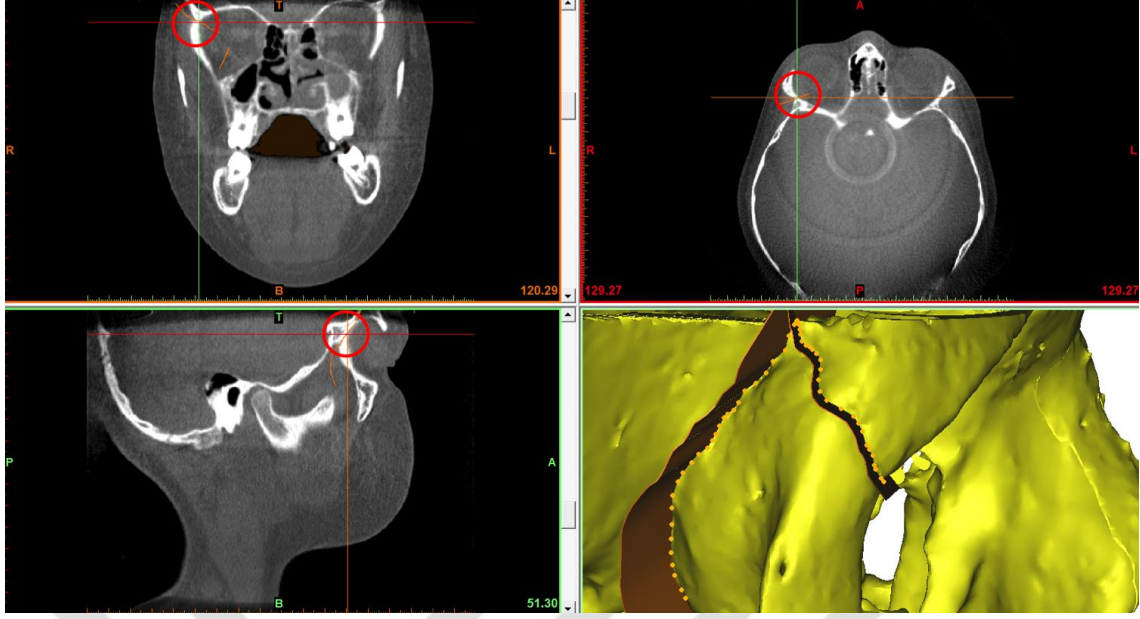


Şekil 3.2: Modeldeki yüzey kusurlarının MIMICS programı ile düzeltilmesi

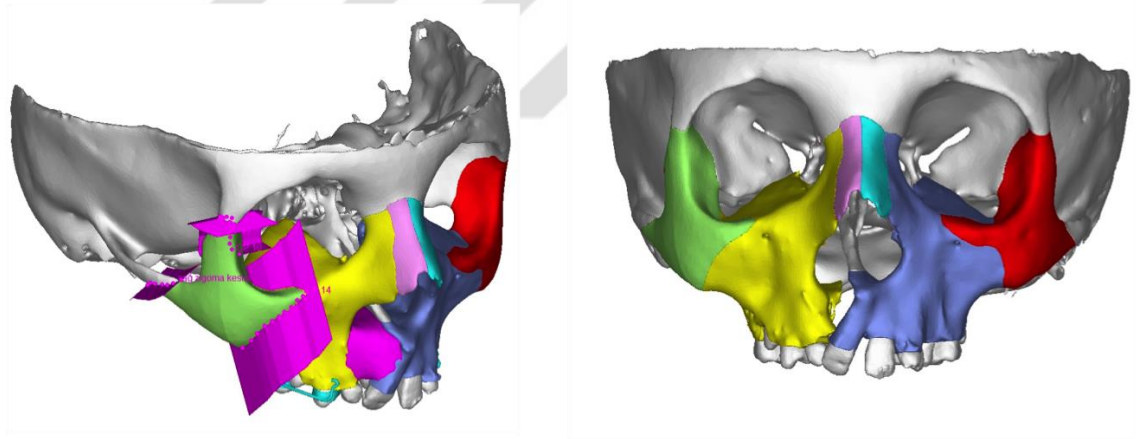
Bilgisayar ortamında işlenmeye hazır hale gelen modelde her bir fizyolojik dokuya ait görüntünün işlenebilmesi için önce o bölge ayrıştırılmış ardından da eşikleme (tresholding) komutu kullanılarak maske oluşturulmuştur. Hounsfield Unit (HU) değerleri her bir dokuya ve erişkinlik durumuna göre tanımlanan limit değerleri olup bu değerler kullanılarak fizyolojik dokular yapılandırılmıştır.

Suturaların Modellenmesi

Suturalar DVT görüntüsü üzerinde koronal, aksiyal ve sagittal kesitlerde görünen sutur sınırlarına göre kontrol edilerek kesi hatları oluşturulmuştur (Şekil 3-3). Oluşturulan tüm kesi hatları ayrı ayrı yapılandırılarak model üzerinde kemik dokudan ayrıştırılmıştır (Şekil 3-4).



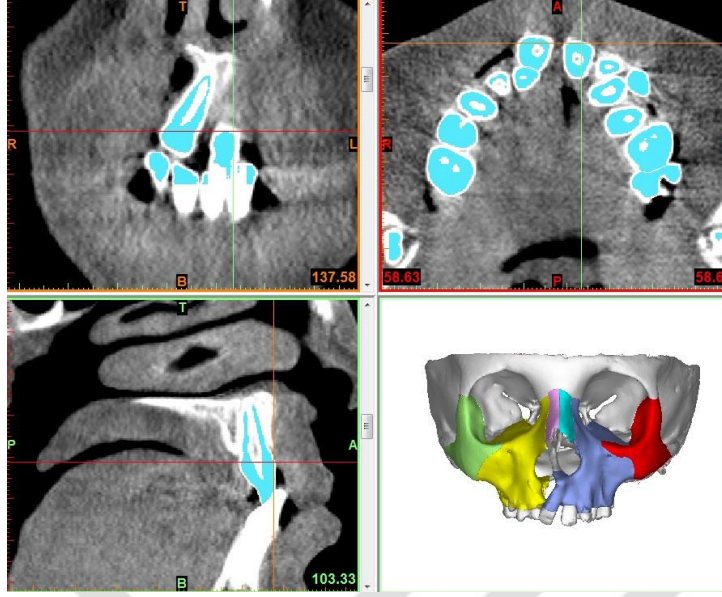
Şekil 3.3: Koronal, aksiyal ve sagittal kesilerde suturaların kontrol edilerek kesi hatlarının oluşturulması



Şekil 3.4: Model üzerinde suturaların belirlenerek kemik dokunun ayrıştırılması

Dişlerin Modellenmesi

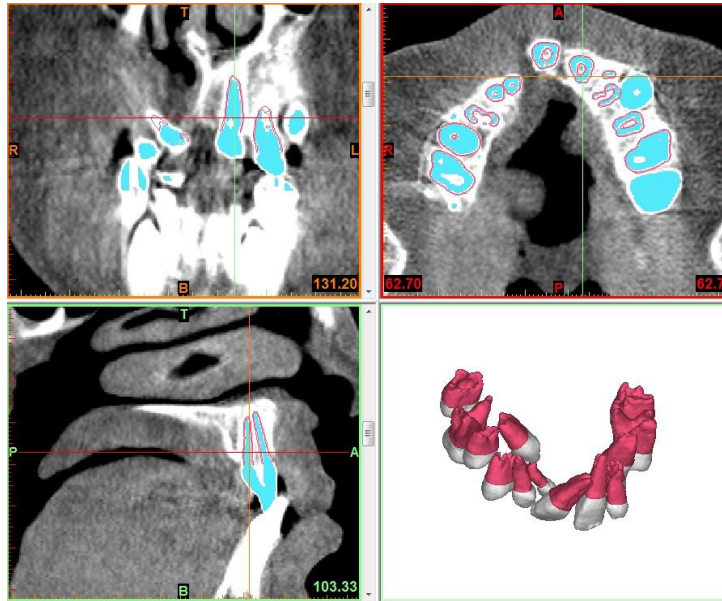
Dişler koronal, sagittal ve aksiyal görüntülerden anatomik sınırlarına göre segmente edilerek yapılandırılmıştır. Tüm dişler ayrı ayrı artefaktlardan temizlenerek modellenmiştir (Şekil 3-5).



Şekil 3.5: Dişlerin modellenmesi

Periodontal Ligamanın Modellenmesi

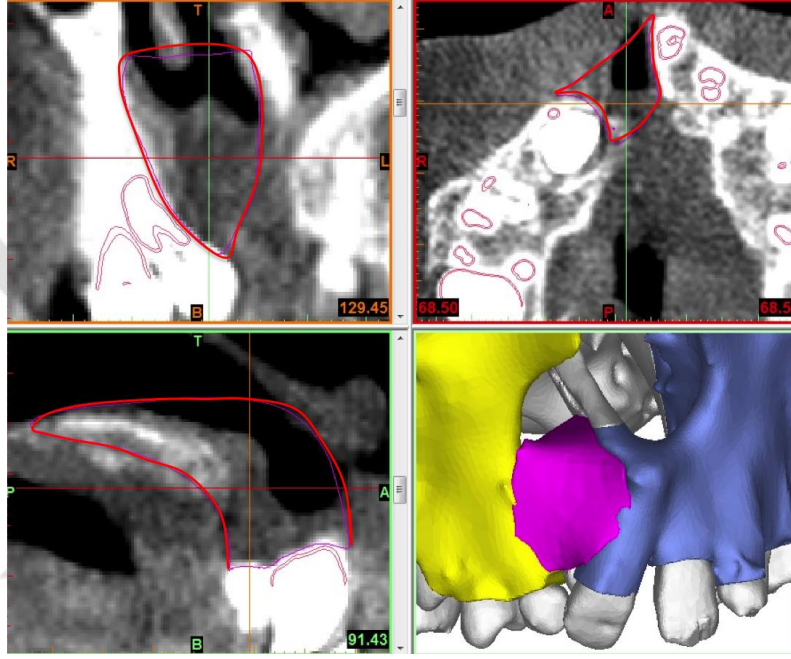
Periodontal ligamanın (PDL) yapılandırılmasında ilgili literatürler örnek alınarak 0.30 mm kalınlık belirlenmiştir. Bu kalınlığın elde edilmesi için dişlere tüm bölgelerde 0.30 mm eklenmiş ardından dişlerin orjinal hali çıkarılarak istenen kalınlıkta PDL üç boyutlu olarak elde edilmiştir. Dişlerin kole bölgelerinden PDL sınırları kesilerek detaylı olarak yapılandırılmıştır (Şekil 3-6).



Şekil 3.6: PDL'in modellenmesi

Alveolar Kemik Greftinin Modellenmesi

Alveolar kemik greftinin modellenmesinde yarık olmayan sol tarafın ayna görüntüsü alınarak kemik yapı kopyalanmış ve yarık olan bölgeye yerleştirilmiştir. Elde edilen yapı alveolar kemik greftine uygun olarak modifiye edilmiş ve greft sonrası beklenen rezorpsiyonu simüle etmesi için frontal düzlemde %30 oranında rezorbe edilmiştir (Şekil 3-7).



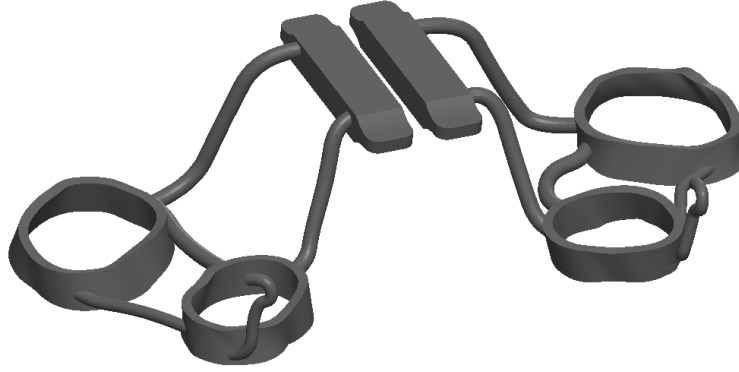
Şekil 3.7: Alveolar kemik greftinin simülasyonu

Genişletme ve Protraksiyon Apareyinin Modellenmesi

MIMICS programında düzenlenen kafatası modeli Geomagic Design X (Rock Hill, ABD) yazılımı kullanılarak otomatik olarak katı model haline dönüştürülmüştür. SolidWorks (Waltham, Massachusetts, ABD) yazılımı ile de açıklıkları olan bölümlerin ve kullanılacak genişletme ve protraksiyon apareyinin katı model haline dönüştürülmesi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3-8).

Genişletme apareyinin tasarımında Hyrax (Leone, Floransa, İtalya) vidası kullanılmıştır. Vida dijital kumpas ile ölçülerek orjinal boyutlarında SolidWorks programında üç boyutlu olarak modellenmiş, premolar ve molar dişinde simüle edilen bantlara uzanan kolları ile damak kubbesinde konumlandırılmıştır.

Genişletme apareyinin üzerinden aynı zamanda protraksiyon kuvvetinin uygulanması için molar bantlarını vestibülde birleştiren ve kanin dişinin kök hizasında konumlanan ucu engel şeklinde paslanmaz elik telden bar simüle edilmiştir.

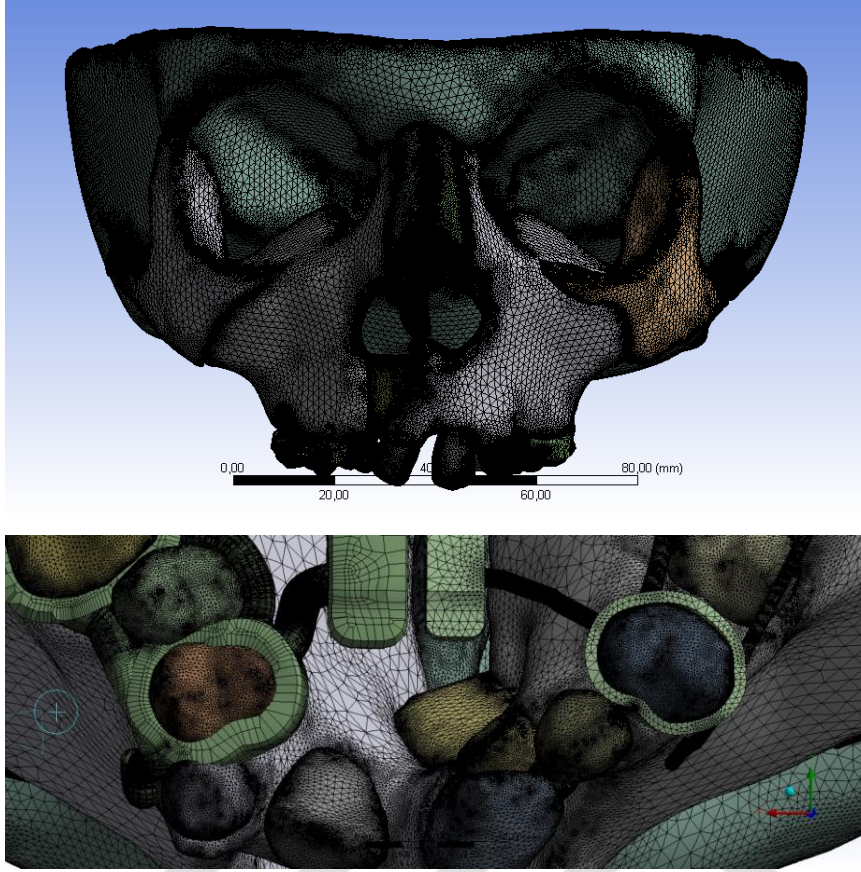


şekil 3.8: Genişletme ve protraksiyon kuvveti uygulanmasında kullanılacak apareyin tasarımı

3.2. Modelin Ağ Yapısının Oluşturulması

Elde edilen katı model bir sonlu eleman analiz ve yazılım programı olan ANSYS versiyon 17.0 (ANSYS Inc. Houston, PA, USA) programına aktarılmıştır. Bu program ile modelin üç boyutlu hacim elemanlarına dönüştürülmesi sağlanmıştır. Modeldeki parçalar arası yüzey-yüzey ve kenar-yüzey temasları tanımlanarak sonlu elemanlar ağ yapısı oluşturulmuştur (şekil 3-9).

Model, 10 düğüm noktasına ve her bir noktada 3 olacak şekilde toplam 30 serbestlik derecesine sahip 4 yüzlü (tetrahedron) yapıda elemanlardan elde edilmiştir. Modelin ağ yapısı oluşturulurken 5080289 sayıda düğüm noktası ve 3298288 sayıda eleman kullanılmıştır.



Şekil 3.9: Ağ yapısı oluşturulmuş sonlu elemanlar modelinin genel ve yakın plandan görüntüsü

3.3. Malzeme Özelliklerinin Programa Tanıtılması

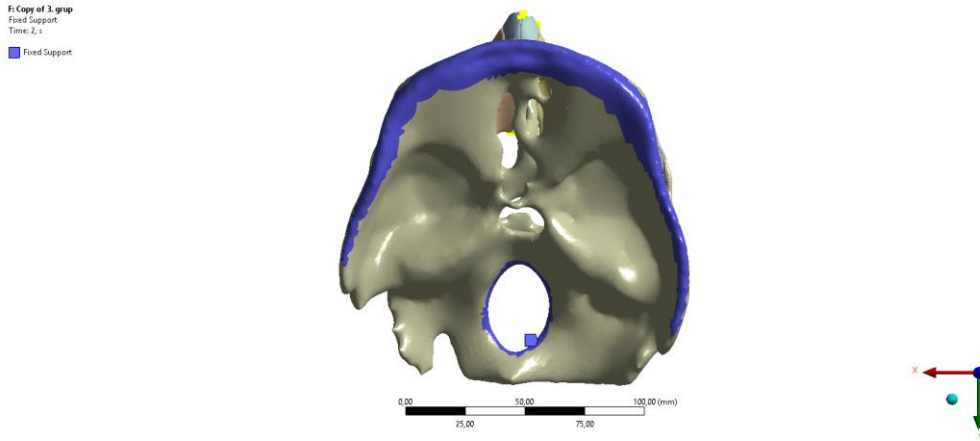
Çalışmada kullanılan materyallere ait Poisson oranı ve Young modülü değerleri ilgili literatürler örnek alınarak Tablo 3-1’de tanımlanmıştır (117, 158).

Tablo 3.1: Çalışmada kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri

	Young Modülü (MPa)	Poisson oranı
Kortikal Kemik	1.36×10^4	0.3
Kansellöz Kemik	8×10^3	0.3
Dişler	2.07×10^4	0.3
PDL	2.70×10^0	0.45
Sutura	1×10^0	0.4
Genişletme Apareyi (Paslanmaz Çelik)	2.1×10^5	0.3

3.4. Sınır Koşullarının Tanımlanması ve Kuvvetlerin Uygulanması

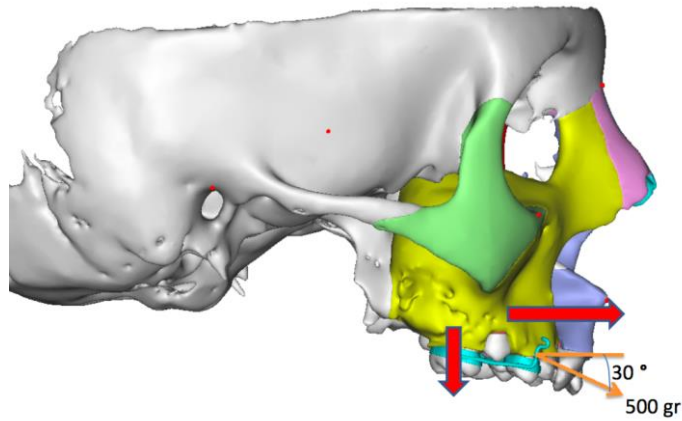
Sınır koşulları, gerilme ve deplasmanların sınır ifadelerini kapsar. Ağ yapıya sahip olan modelin nereden sabitlendiğini ve kuvvetin nereden uygulandığını gösterir (56). Çalışmada kafatası foramen magnum bölgesinden ve yüz maskesi uygulamasında frontal kemikten alınan desteği simüle etmesi için kafatasının üst kenarlarından sabitlenerek bu noktalar üzerinde sıfır rotasyon ve sıfır yer değiştirme değerleri tanımlanmıştır (Şekil 3-10).



Şekil 3.10: Sınır koşullarının tanımlanması

3.4.1. I. Modelde Kuvvetlerin Uygulanması

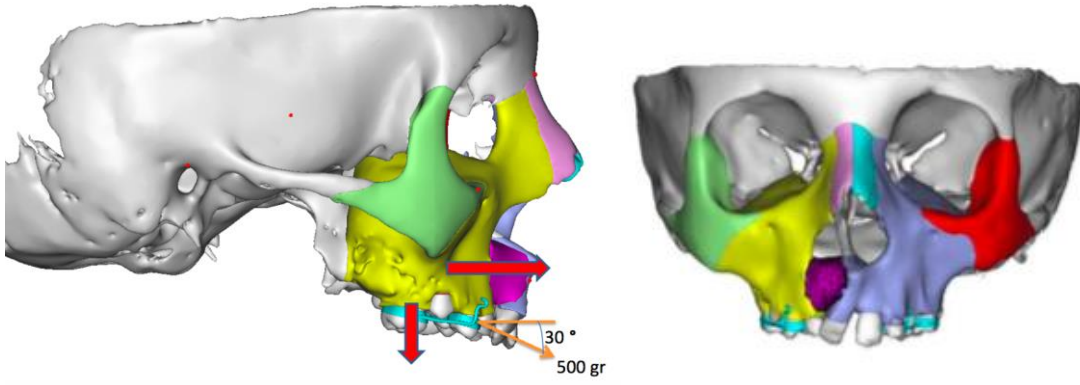
Genişletme apareyinin vestibül yüzeyinde yer alan barın çengel şeklindeki uzantısından oklüzal düzlem ile 30° açı yapacak şekilde öne ve aşağı doğru sağda ve solda 500'er g kuvvet uygulanmıştır (Şekil 3-11).



Şekil 3.11: I. Modelde kuvvetlerin simülasyonu

3.4.2. II. Modelde Kuvvetlerin Uygulanması

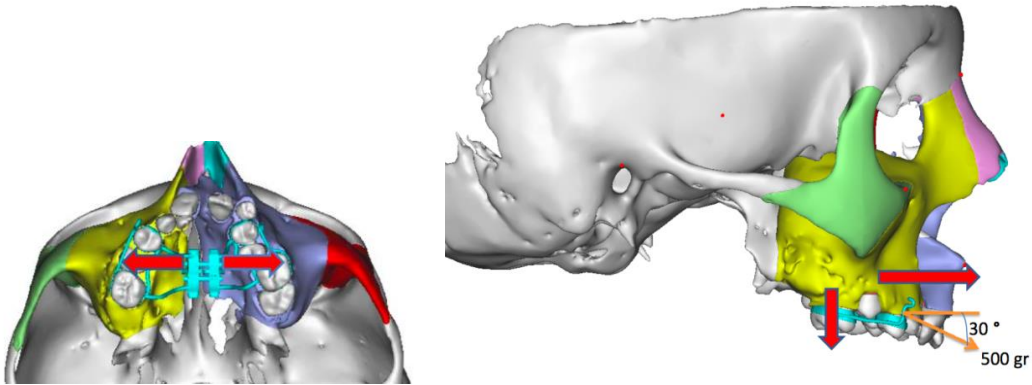
Model üzerinde alveolar kemik grefti simüle edilmiştir. Alveolar kemik grefti uygulanmış modele I. modele uygulandığı gibi aynı doğrultu ve şiddette protraksiyon kuvveti uygulanmıştır (Şekil 3-12).



Şekil 3.12: II. Modelde kuvvetlerin simülasyonu

3.4.3. III. Modelde Kuvvetlerin Uygulanması

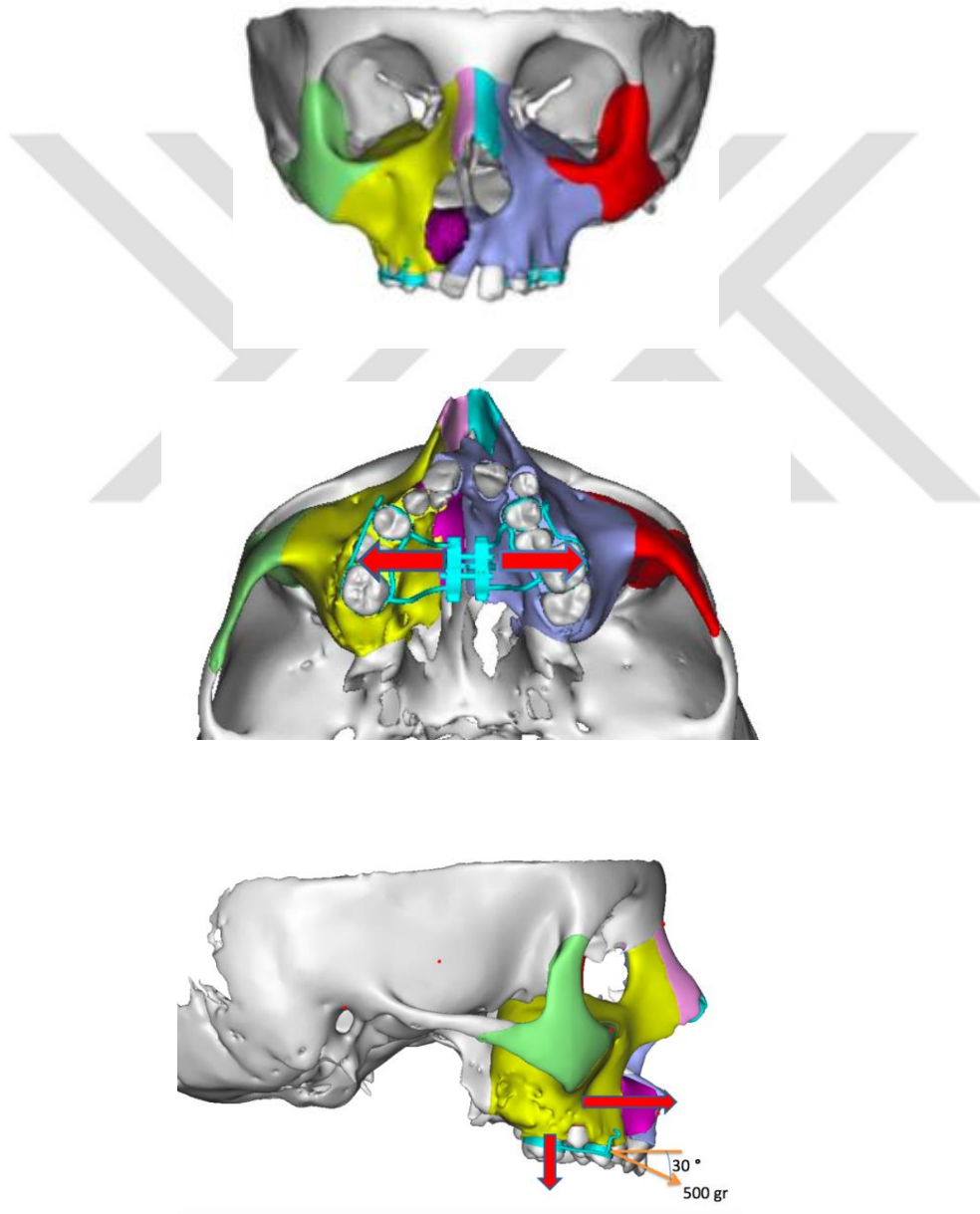
Model üzerinden öncelikle üst çene genişletilmesinin simülasyonu yapılmıştır. Meydana gelen yer değiştirme miktarlarının incelenmesi için Hyrax vidasının üzerinden toplamda 5 mm'lik açılma simüle edilmiştir. Genişletilmiş model üzerinden I. Modele uygulandığı gibi aynı doğrultu ve şiddette protraksiyon kuvveti uygulanmıştır (Şekil 3-13).



Şekil 3.13: III. Modelde kuvvetlerin simülasyonu

3.4.4. IV. Modelde Kuvvetlerin Uygulanması

Model üzerinde alveolar kemik grefti simüle edilmiştir. Alveolar kemik grefti uygulanmış modelde üst çene genişletilmesinin simülasyonu yapılmıştır. Meydana gelen yer değiştirme miktarlarının incelenmesi için Hyrax vidasının üzerinden toplamda 5' mm lik açılma simüle edilmiştir. Alveolar kemik grefti uygulanmış ve genişletilmiş model üzerinden I. Modele uygulandığı gibi aynı doğrultu ve şiddette protraksiyon kuvveti uygulanmıştır (Şekil 3-14).



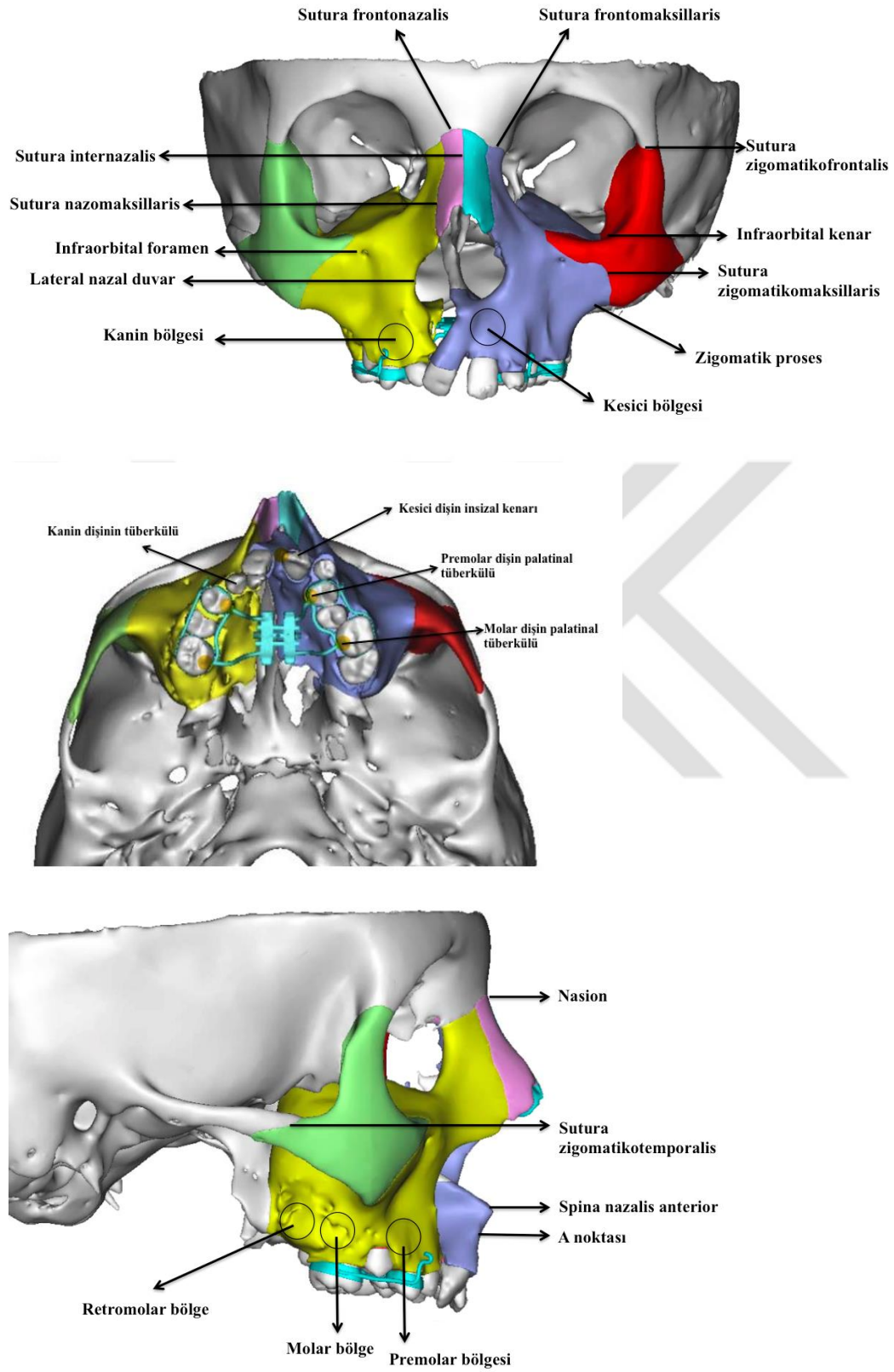
Şekil 3.14: IV. Modelde kuvvetlerin simülasyonu

3.5. Çalışmada Kullanılan Anatomik Bölgeler

Çalışmamızda tek taraflı DDY'lı modelde iskeletsel ve dişsel anatomik referans noktaları belirlenerek yarık görülen ve görülmeyen taraflar ayrı ayrı değerlendirilmiştir (Şekil 3-15).

Çalışmada değerlendirilen anatomik referans noktaları:

1. Sutura frontonazalis
2. Sutura frontomaksillaris
3. Sutura internazalis
4. Sutura zigomatikomaksillaris
5. Sutura zigomatikofrontalis
6. Sutura zigomatikotemporalis
7. Sutura nazomaksillaris
8. Sutura pterygopalatina
9. Infraorbital foramen
10. Infraorbital kenar
11. Lateral nazal duvar
12. Zigomatik proses
13. Nasion
14. Spina nazalis anterior
15. A noktası
16. Premolar bölge
17. Molar bölge
18. Retromolar bölge
19. Kanin bölgesi
20. Kesici bölgesi
21. Kesici dişin insizal kenarı
22. Kanin dişin tüberkülü
23. Premolar dişin palatinal tüberkülü
24. Molar dişin palatinal tüberkülü



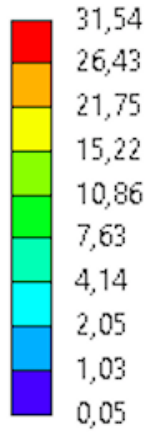
Şekil 3.15: Çalışmada değerlendirilen anatomik referans noktaları

3.6. Analizlerin Yapılması ve Sonuçların Alınması

Bu çalışmada protraksiyon kuvvetinin herhangi bir tedavi uygulanmamış modelde, alveolar kemik grefti uygulanmış modelde, genişletme yapılmış modelde ve alveolar kemik greftinin ardından genişletme yapılmış modelde meydana getirdiği yer değiştirme ve gerilme değerleri incelenmiştir. Ayrıca modelde alveolar kemik grefti uygulanmadan ve uygulandıktan sonra üst çene genişletmesinin meydana getirdiği yer değiştirme ve gerilme değerleri incelenmiştir. Gerilme değerlerinin dört model arasında karşılaştırılmasını kolaylaştırmak için genişletme yapılan modellerde vidanın 2 tur çevrilerek 0,4 mm açılması sonucundaki gerilme değerleri incelenmiştir.

Gerilme değerleri Von Mises gerilmeleri olarak megapascal cinsinden ölçülmüştür. Bu değerler kolay anlaşılıp yorumlanabilmesi için şekillerin sol tarafında yer alan skaladaki renk kodları ile tanımlanmıştır. Koyu mavi renk ile kırmızı renk aralığında değişen skalada kırmızı renge doğru gerilme değerleri artış göstermektedir. (Şekil 3-16).

Yer değiştirme değerleri x eksen (transversal düzlem), y eksen (anteroposterior düzlem), z eksen (vertikal düzlem) olmak üzere üç düzlemde milimetre cinsinden ölçülmüştür.



Şekil 3.16: Gerilme değerlerini gösteren renk skalası

4. BULGULAR

4.1. Protraksiyon Kuvveti Uygulanan I. Modele Ait Bulgular

4.1.1. I. Modele Ait Yer Değiştirme Değerleri İle İlgili Bulgular

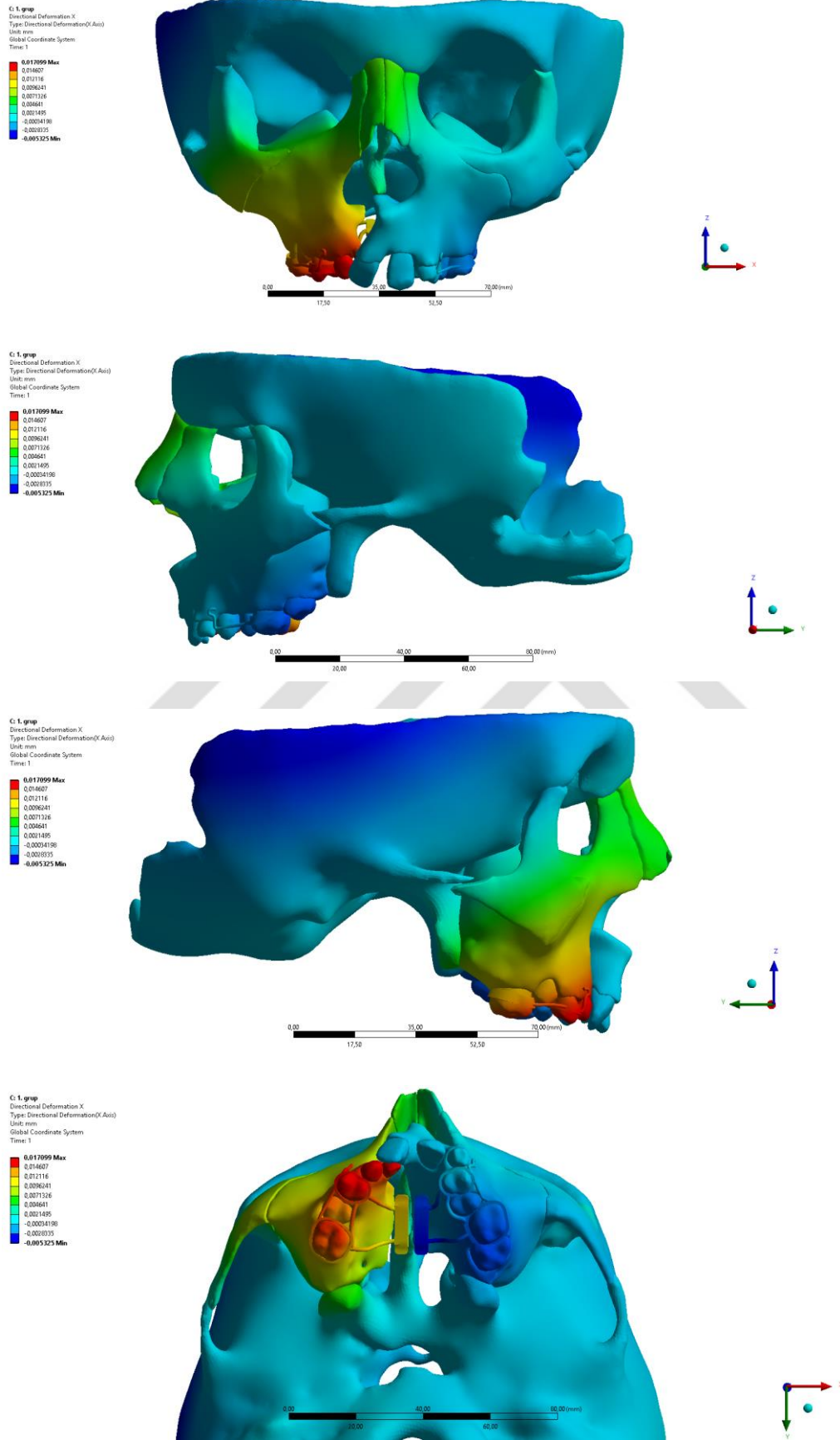
I. Modele ait yer değiştirme değerleri Tablo 4-1’de gösterilmiştir. Yer değiştirme değerleri x ekseni (transversal düzlem), y ekseni (anteroposterior düzlem), z ekseni (vertikal düzlem) olmak üzere üç düzlemde milimetre (mm) cinsinden incelenmiştir.

Transversal düzlemde (x ekseninde) yer değiştirme dağılımı

Transversal düzlemde meydana gelen yer değişimleri Şekil 4-1’de renk skalası ile gösterilmiştir. X ekseni üzerinde pozitif değerler sola, negatif değerler ise sağa doğru hareketi göstermektedir. Yani yarık tarafında pozitif değerler daralmayı, negatif değerler açılmayı belirtirken; yarık bulunmayan tarafta pozitif değerler açılmayı, negatif değerler daralmayı göstermektedir.

Dentoalveolar olarak değerlendirildiğinde protraksiyon kuvveti sonucunda hem yarık bulunan hem de yarık bulunmayan taraflarda daralma yönünde hareket görülmüştür. Yarık bulunan sağ taraftaki daralma miktarı yarık bulunmayan tarafa göre belirgin olarak daha fazladır. Yarık bulunan tarafta kanin bölgesinden (1,42e-002 mm) retromolar bölgeye (8,86e-003 mm) doğru daralma miktarı azalırken, benzer şekilde kanin dişin tüberkülünden (1,62e-002 mm) molar dişin palatinal tüberkülüne (1,50e-002 mm) doğru da daralma miktarı azalmaktadır. Yarık bulunmayan tarafta ise posteriordaki daralma miktarı anteriora göre bir miktar daha fazla bulunmuştur. Molar dişinde 2,80e-003 mm daralma görülürken kanin dişinde 1,16e-004 mm, kesici dişin insizal kenarında 5,64e-004 mm daralma görülmüştür. Zigomatik proste yarık tarafında 1,08e-002 mm, yarık bulunmayan tarafta ise 1,33e-003 mm daralma görülmüştür. ANS ve A noktasında ise sola doğru daha düşük miktarlarda hareket görülmüştür.

Protraksiyon kuvveti sonucunda transversal düzlem üzerinde suturalarda değişen yönlerde düşük miktarlarda hareket gözlenmiştir. Sutura ptreygopalatinada dentoalveolar bulgularla uyumlu olarak yarık tarafında daha fazla olmak üzere her iki tarafta da daralma gözlenmiştir. Benzer şekilde infraorbital foramende her iki tarafta da daralma görülmüştür.



Şekil 4.1: I. Modelde transversal düzlemde yer değiştirme dağılımı

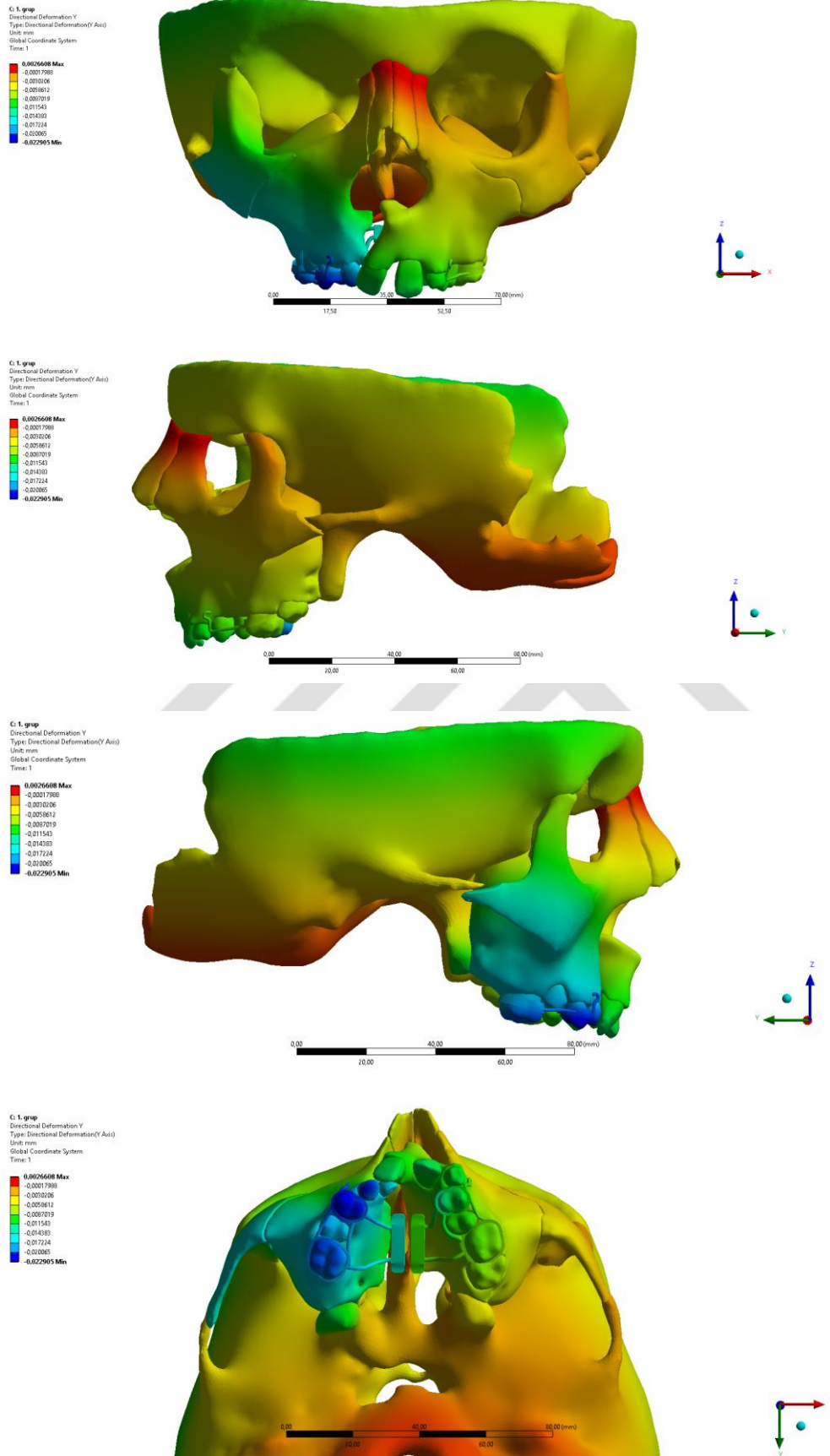
Antero-posterior düzlemde (y ekseninde) yer değiştirme dağılımı

Antero-posterior düzlemde meydana gelen yer değişimleri Şekil 4-2'de renk skalası ile gösterilmiştir. Y ekseninde pozitif değerler posterior yönde hareketi gösterirken negatif değerler anterior yönde hareketi göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde nasion (2,26e-003 mm), sutura frontonazalis (sağ 1,61e-003 mm, sol 2,33e-003 mm) ve sutura frontomaksillariste (sağ 1,31e-004 mm, sol 2,04e-003 mm) posterior yönlü hareket gözlenirken diğer anatomik bölgelerde değişen miktarlarda anterior yönlü hareket gözlenmiştir. Bu durum maksiller kompleksin saat yönünün tersine olan rotasyonuna bağlı olarak görülmüştür.

Suturalarda öne doğru olan hareket miktarı yarık bulunan tarafta daha fazladır. İnfraorbital foramen (sağ 1,24e-002 mm, sol 4,78e-003 mm), infraorbital kenar (sağ 9,45e-003 mm, sol 3,13e-003 mm) ve lateral nazal duvardaki (sağ 9,47e-003 mm, sol 3,13e-003 mm) öne doğru olan hareket benzer şekilde yarık tarafında daha fazla bulunmuştur.

Dentoalveolar olarak değerlendirildiğinde tüm noktalarda öne doğru olan hareket miktarı yarık bulunan tarafta daha fazladır. Her iki tarafta da premolar bölgesinden (sağ 1,70e-002 mm, sol 7,44e-003 mm) retromolar bölgeye (sağ 1,52e-002 mm, sol 5,92e-003 mm) doğru azalan şekilde öne doğru hareket gözlenmiştir. Benzer şekilde dişsel olarak da kanin dişinden molar dişine doğru öne hareket miktarı azalmaktadır. Zigomatik proseste yarık tarafında 1,54e-002 mm, yarık bulunmayan tarafta 5,44e-003 mm öne doğru hareket gözlenmiştir.



Şekil 4.2: I. Modelde antero-posterior düzlemde yer değiştirme dağılımı

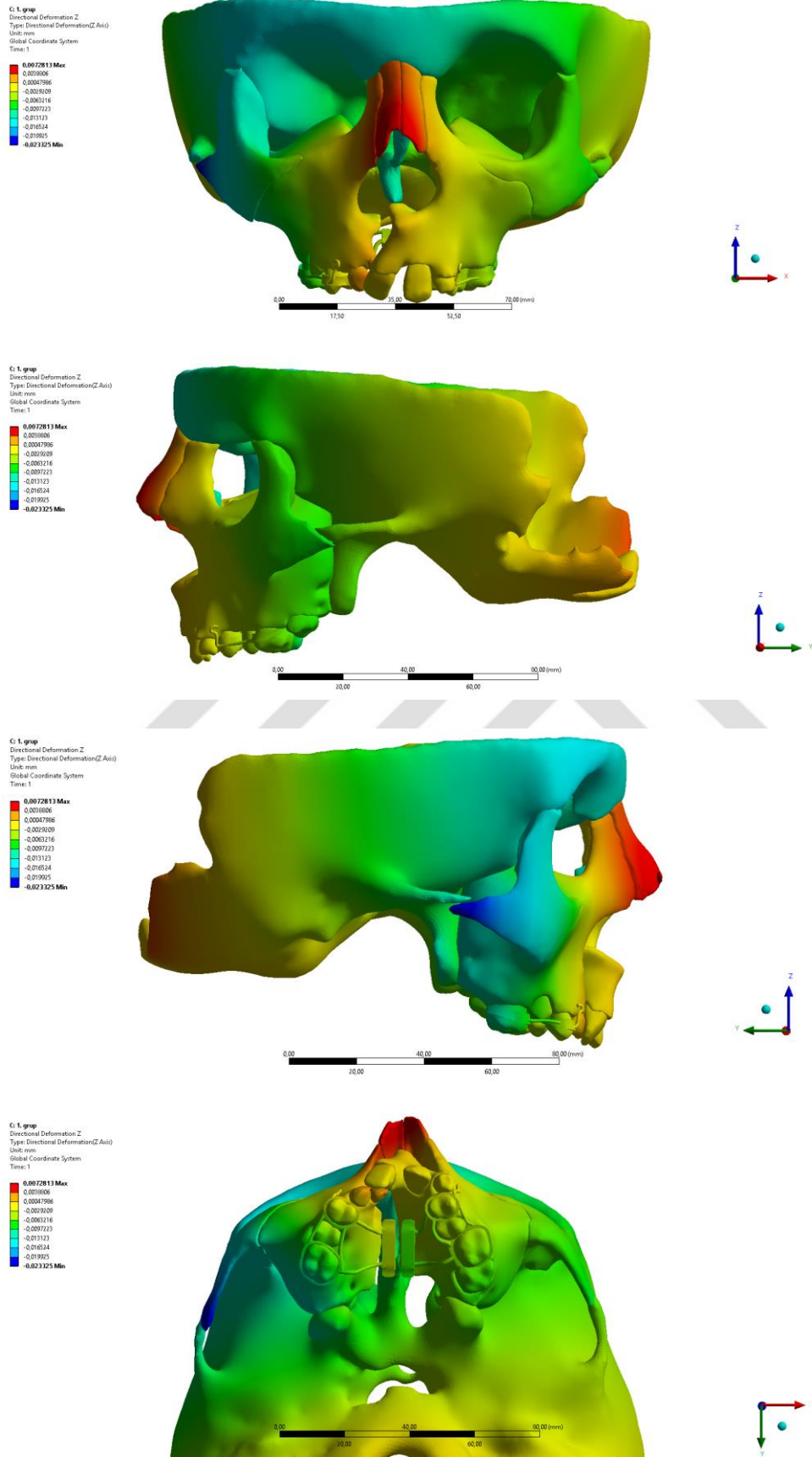
Vertikal düzlemde (z ekseninde) yer değiştirme dağılımı

Vertikal düzlemde meydana gelen yer değişimleri Şekil 4-3'de renk skalası ile gösterilmiştir. Z ekseninde pozitif değerler superior yönde hareketi gösterirken, negatif değerler inferior yönde hareketi göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde sutura frontonazalis, frontomaksillaris, internazalis, nazomaksillaris, nasion, A noktası ve ANS'de superior yönde hareket gözlenirken diğer suturalarda ve dentoalveolar noktalarda inferior yönde hareket gözlenmiştir. Bu durum maksiller kompleksin saat yönünün tersine olan rotasyonuna bağlı olarak görülmüştür.

Suturalarda görülen hareket miktarları yarık bulunan tarafta daha fazladır. İnfraorbital foramen (sağ 4,48e-003 mm, sol 3,18e-003 mm) ve infraorbital kenarda da (sağ 6,02e-003 mm, sol 3,48e-003 mm) yarık tarafında daha fazla olmak üzere inferior yönlü hareket gözlenmiştir.

Dentoalveolar olarak değerlendirildiğinde inferior yöndeki hareket miktarı premolar bölgesinden (sağ 3,89e-003mm, sol 3,05e-003 mm) retromolar bölgeye (sağ 1,26e-002 mm, sol 6,63e-003 mm) doğru artış göstermiştir. Dişsel olarak da inferior yöndeki hareket miktarı premolar dişinden (sağ 2,79e-003 mm, sol 3,37e-003 mm) molar dişine (sağ 8,56e-003 mm, sol 5,22 e-003 mm) doğru artmıştır. Yarık bulunan taraftaki kanin dişinde (1,73e-003 mm) ve kanin bölgesinde (3,70e-004 mm) superior yönlü hareket gözlenmiştir. Inferior yöndeki hareket miktarının anteriora doğru azalması ve kanin dişindeki superior yönlü hareket saat yönünün tersine olan rotasyona bağlı gözlenmiştir. Zigomatik proseste yarık tarafında 8,40e-003 mm, yarık bulunmayan tarafta 5,19e-003 mm inferior yönde hareket görülmüştür. Hareket miktarları genel olarak yarık tarafında daha fazla bulunmuştur.



Şekil 4.3: I. Modelde vertikal düzlemde yer değiştirme dağılımı

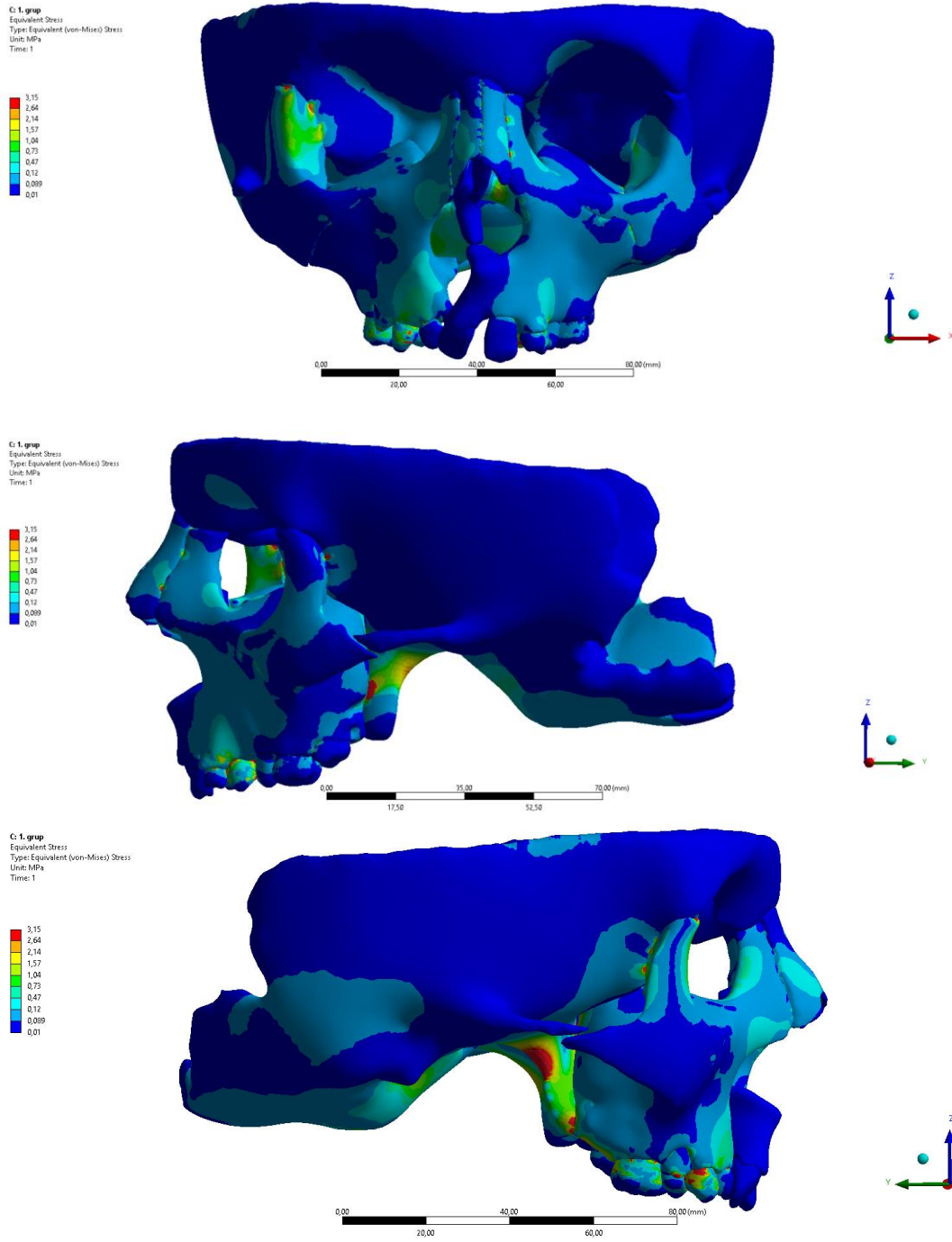
4.1.2. I. Modele Ait Von Mises Gerilme Değerleri İle İlgili Bulgular

Von Mises gerilmelerine ait değerler Tablo 4-2’de ve görseller Şekil 4-4’de gösterilmiştir. Suturalar içerisinde en yüksek gerilme değerleri yarık bulunan tarafta sırasıyla sutura pterygopalatina (1,96 MPa), sutura zigomatikofrontalis (1,87 MPa) ve sutura internazaliste (1,05 MPa) görülmüştür. En düşük gerilme değeri ise sutura frontonazaliste (0,11 MPa) bulunmuştur. Yarık bulunmayan tarafta ise sutura internazaliste (1,96 MPa), sutura pterygopalatinada (0,80 MPa) ve sutura zigomatikomaksillariste (0,38 MPa) en yüksek von Mises gerilme değerleri bulunmuştur. En düşük gerilme değeri sutura zigomatikotemporaliste (0,001 MPa) görülmüştür.

Yarık bulunan tarafta infraorbital foramende 0,26 MPa, infraorbital kenarda 0,15 MPa, lateral nazal duvarda 0,36 MPa ve zigomatik proseste 0,028 MPa von Mises gerilme değerleri bulunmuştur. Nasionda 0,48 MPa, spina nazalis anteriorda 0,01 MPa ve A noktasında 0,003 MPa gerilme değerleri görülmüştür. Yarık bulunmayan taraftaki gerilme değerleri; infraorbital foramende 0,28 MPa, infraorbital kenarda 0,01 MPa, lateral nazal duvarda 0,38 MPa ve zigomatik proseste 0,11 MPa olarak bulunmuştur. Spina nazalis anteriorda 0,01 MPa, A noktasında 0,06 MPa von Mises gerilme değeri görülmüştür.

Dentoalveolar olarak incelendiğinde; yarık bulunan sağ tarafta kesiciler bölgesi değerlendirmeye katılmazken, yarık bulunmayan tarafta kesiciler bölgesinde (sol 0,004 MPa) düşük gerilme değerleri görülmüştür. Kesiciler bölgesinden posteriora doğru gerilme değeri artış gösterirken kanin bölgesinde (sağ 0,72 MPa, sol 0,47 MPa) molar bölgesinde (sağ 0,25 MPa, sol 0,04 MPa) von Mises gerilme değerleri bulunmuştur. Dişsel olarak en yüksek gerilme değeri premolar dişte (sağ 0,70 MPa, sol 1,41 MPa) görülmüştür.

Yarık bulunan ve yarık bulunmayan taraflar kendi aralarında değerlendirildiğinde genel olarak gerilme değerlerinin yarık bulunan tarafta daha fazla olduğu görülmüştür.



Şekil 4.4: I. Modele ait von Mises gerilme dağılımları

4.2. Protraksiyon Kuvveti Uygulanan Alveolar Kemik Greftli II. Modele Ait Bulgular

4.2.1. II. Modele Ait Yer Değiştirme Değerleri İle İlgili Bulgular

II. Modele ait yer değiştirme değerleri Tablo 4-3'te gösterilmiştir. Yer değiştirme değerleri x eksen (transversal düzlem), y eksen (anteroposterior düzlem), z eksen (vertikal düzlem) olmak üzere üç düzlemde milimetre (mm) cinsinden incelenmiştir.

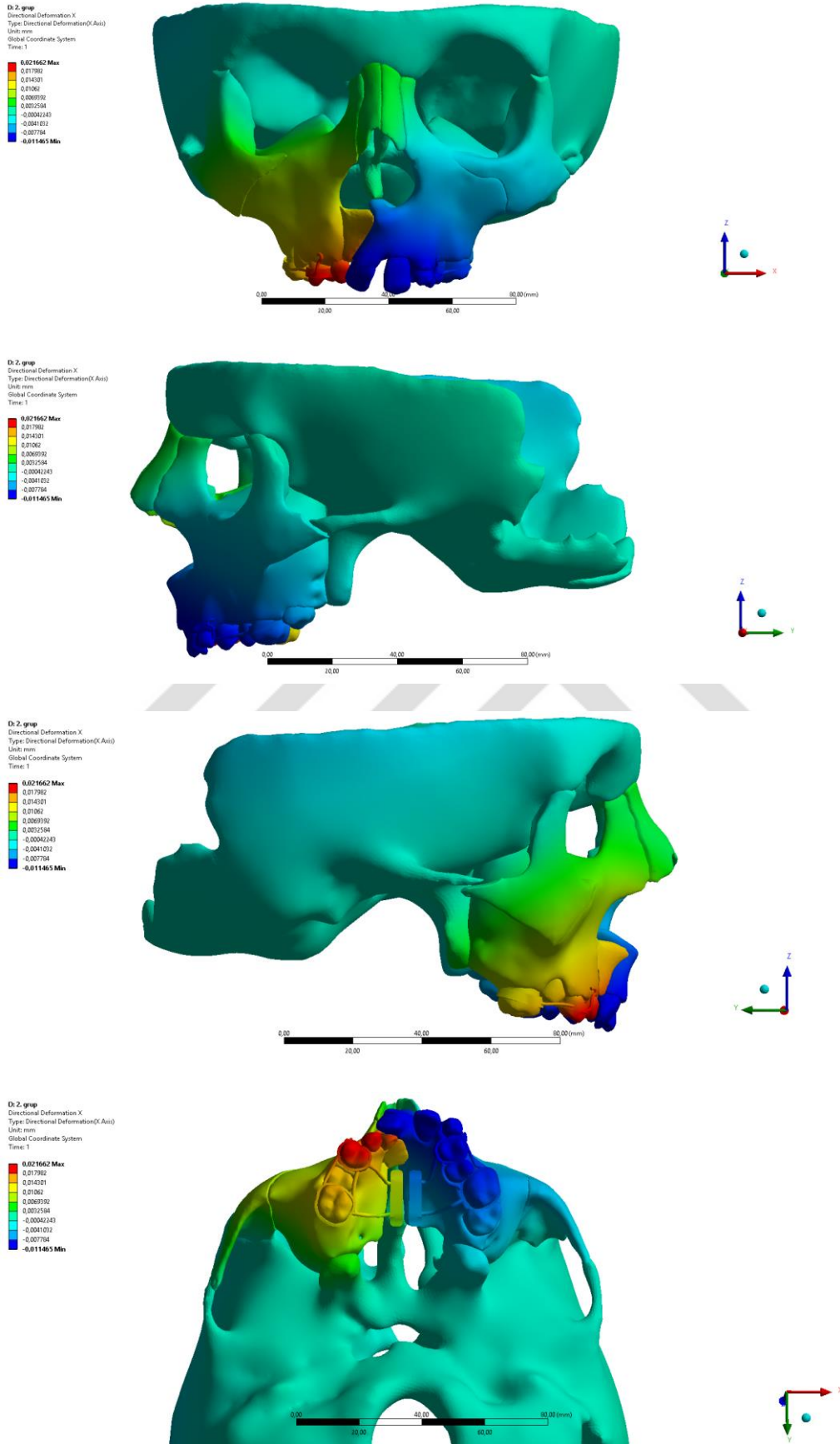
Transversal düzlemde (x ekseninde) yer değiştirme dağılımı

Transversal düzlemde meydana gelen yer değişimleri Şekil 4-6'da renk skalası ile gösterilmiştir. X eksen üzerinde pozitif değerler sola, negatif değerler ise sağa doğru hareketi göstermektedir. Yani yarık tarafında pozitif değerler daralmayı, negatif değerler açılmayı belirtirken; yarık bulunmayan tarafta pozitif değerler açılmayı, negatif değerler daralmayı göstermektedir.

Dentoalveolar olarak değerlendirildiğinde alveolar kemik greftli modelde protraksiyon kuvveti sonucunda her iki tarafta da daralma yönünde hareket görülmüştür. Meydana gelen yer değişimi yarık bulunan tarafta daha fazladır. Yarık bulunan tarafta kanin bölgesinden (1,63e-002 mm) retromolar bölgeye (8,74e-003 mm) doğru azalan miktarda sola doğru hareket görülmüştür. Benzer şekilde yarık tarafında kanin dişinden (2,11e-002 mm) molar dişine (1,48e-002 m) doğru da daralma miktarı azalmıştır. Yarık bulunmayan tarafta da kanin bölgesinden (9,28e-003 mm) retromolar bölgeye (4,49e-003 mm) doğru azalan düzeyde daralma yönünde hareket görülmüştür. Kesici diştan (1,13e-002 mm) molar dişine (8,28e-003 mm) doğru daralma miktarında azalma görülmüştür. Zigomatik proste yarık tarafında daha fazla olmak üzere (sağ 1,10e-002 mm, sol 5,76e-003 mm) daralma şeklinde hareket gözlenmiştir.

Suturalar arasında sutura pterygopalatina, zigomatikotemporalis ve zigomatikomaksillariste her iki tarafta da daralma şeklinde hareket gözlenmiştir. Nazal bölgede yer alan suturalarda ise düşük miktarlarda yarık bulunan tarafta daralma, yarık bulunmayan tarafta ise açılma şeklinde hareket görülmüştür.

İnfracorbital foramende (sağ 1,02e-002 mm, sol 5,12e-003 mm), infracorbital kenarda (sağ 7,24e-003 mm, sol 2,91e-003 mm) ve lateral nazal duvarda (sağ 1,06e-002 mm, sol 5,20e-003 mm) yarık tarafında daha fazla olmak üzere daralma şeklinde hareket gözlenmiştir.



Şekil 4.5: II. Modelde transversal düzlemde yer değiştirme dağılımları

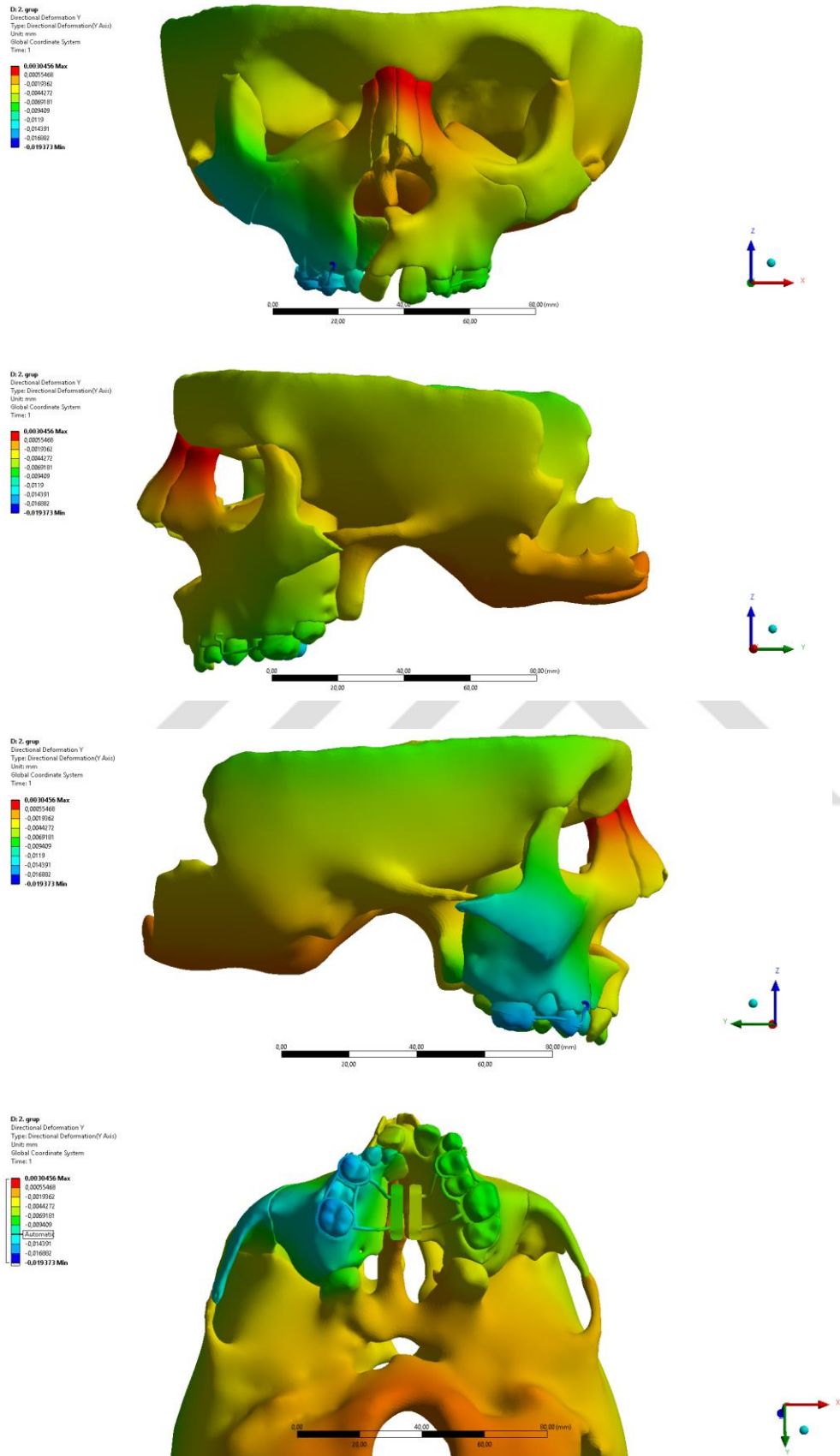
Antero-posterior düzlemde (y ekseninde) yer değiştirme dağılımı

Antero-posterior düzlemde meydana gelen yer değişimleri Şekil 4-6'da renk skalası ile gösterilmiştir. Y ekseninde pozitif değerler posterior yönde hareketi gösterirken negatif değerler anterior yönde hareketi göstermektedir.

Alveolar kemik greftli modelde protraksiyon kuvveti sonucunda nasionda, sutura frontonazaliste, sutura frontomaksillariste ve yarık bulunmayan taraftaki sutura nazomaksillariste posterior yönde hareket görülürken zigomatik kemiğe komşu suturalarda, sutura ptreygopalatinada ve diğer anatomik noktalarda anterior yönde hareket gözlenmiştir. Suturalar arasında öne doğru hareket miktarı en fazla sutura ptreygopalatinada (sağ 1,04e-002 mm, sol 5,78e-003 mm) ve sutura zigomatikotemporaliste (sağ 1,18e-002 mm, sol 5,49e-002 mm) bulunmuştur.

İnfraorbital foramende (sağ 8,17e-003 mm, sol 4,02e-003 mm), infraorbital kenarda (sağ 6,81e-003 mm, sol 2,59e-003 mm) ve lateral nazal duvarda (sağ 5,43 mm, sol 2,36 mm) yarık tarafında daha fazla olmak üzere anterior yönde hareket görülmüştür.

Dentoalveolar olarak değerlendirildiğinde yarık bulunan taraftaki öne doğru hareket miktarı kanin bölgesinden (1,08e-002 mm) retromolar bölgeye (1,20e-002 mm) ve kanin dişinden (1,26e-002 mm) molar dişine (1,50e-002 mm) doğru artış göstermiştir. Yarık bulunmayan tarafta da kesici bölgesinden (4,09e-003 mm) molar bölgesine (6,82e-003 mm) ve kesici diştan (7,29e-003 mm) molar dişine doğru (8,04e-003 mm) öne gelme miktarında artış gözlenmiştir. Zigomatik proseste (sağ 1,20e-002 mm, sol 6,03e-003 mm) diğer dentoalveolar bölgelerde olduğu gibi yarık tarafında daha fazla olmak üzere öne doğru hareket görülmüştür.



Şekil 4.6: II. Modelde antero-posterior düzlemde yer değiştirme dağılımı

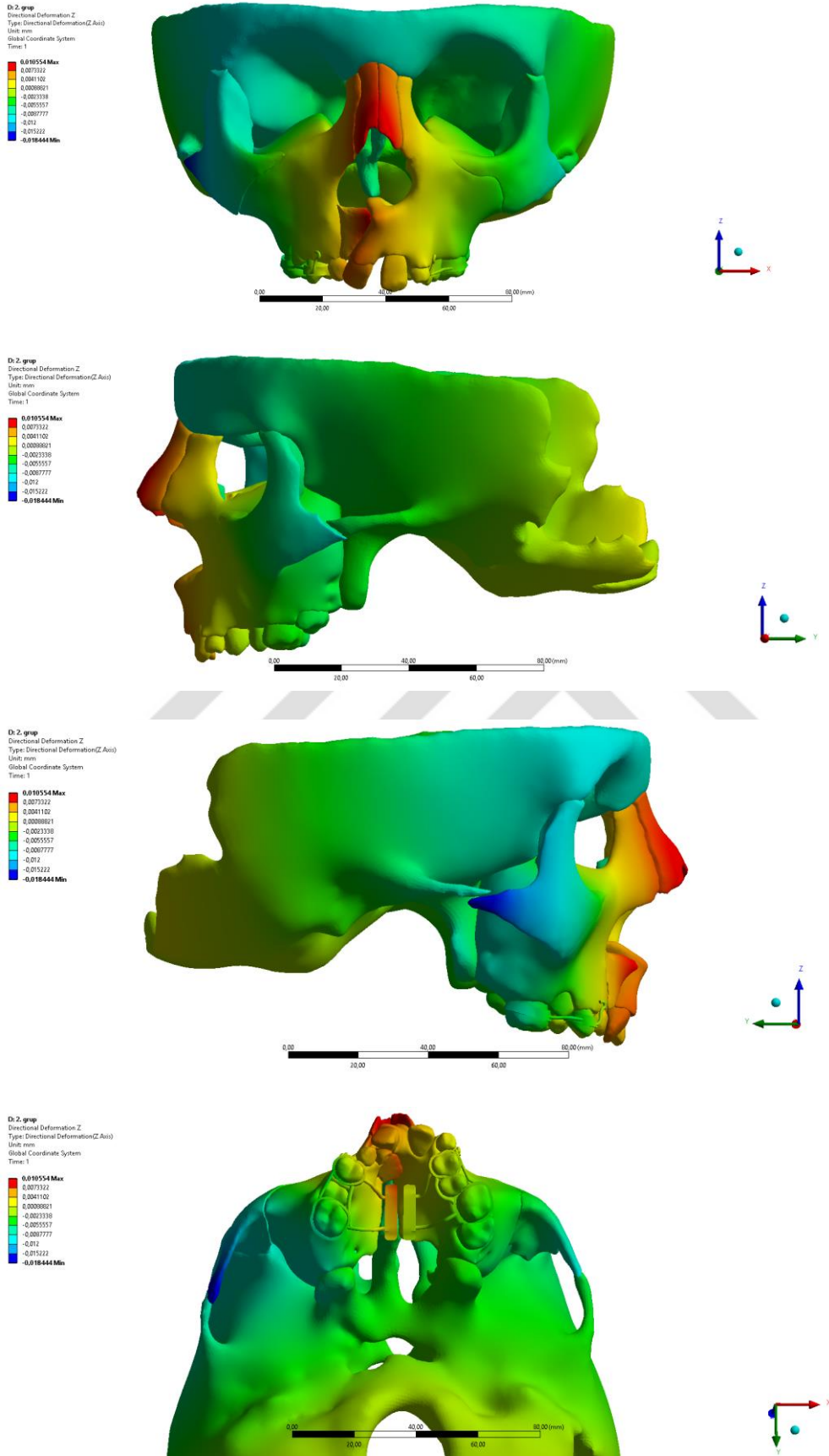
Vertikal düzlemde (z ekseninde) yer değiştirme dağılımı

Vertikal düzlemde meydana gelen yer değişimleri Şekil 4-7’de renk skalası ile gösterilmiştir. Z eksenini üzerinde pozitif değerler superior yönde hareketi gösterirken, negatif değerler inferior yönde hareketi göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde nazal bölgedeki suturalarda, lateral nazal duvarda, A ve ANS noktalarında, dentoalveolar bölgenin ön kısmında superior yönde hareket gözlenirken, posterior yapılarda inferior yönde hareket görülmüştür. Bu durum maksiller kompleksin saat yönünün tersine olan rotasyonuna bağlı olarak meydana gelmiştir.

Suturalar arasında yarık tarafında daha fazla olmak üzere nazal bölgedekilerde superior, posterior bölgedekilerde inferior yönde hareket gözlenmiştir. İnfraorbital foramende (sağ 1,68e-003 mm, sol 8,89e-004 mm) ve infraorbital kenarda (sağ 2,87e-003 mm, sol 9,80e-004 mm) inferior yönde; lateral nazal duvarda (sağ 3,55e-003 mm, sol 2,94e-003 mm) ise superior yönde hareket görülmüştür.

Dentoalveolar olarak değerlendirildiğinde yarık bulunan tarafta kanin bölgesinde (2,50e-003 mm) superior, premolar bölgesinden (5,84e-004 mm) retromolar bölgeye (8,23e-003 mm) doğru artan düzeyde ise inferior yönde hareket gözlenmiştir. Kanin dişi (4,53e-003 mm) ve premolar dişinde (4,46e-004 mm) superior; molar dişinde (4,62e-003 mm) inferior yönde hareket görülmüştür. Yarık bulunmayan tarafta kesici bölgesi (6,95e-003 mm) ve kanin bölgesinde (1,73e-003 mm) superior; premolar bölgesi (1,95e-003 mm) ve molar bölgesinde (3,45e-003 mm) ise inferior yönde; kesici dişi (4,14e-003 mm), kanin dişi (2,11e-003 mm) ve premolar dişinde (7,50e-004 mm) superior, molar dişinde (2,55e-003 mm) inferior yönde hareket görülmüştür. Zigomatik prosete (sağ 5,70e-003 mm, sol 3,33e-003 mm) yarık tarafında daha fazla olmak üzere inferior yönde hareket görülmüştür.



Şekil 4.7: II. Modelde vertikal düzlemde yer değiştirme dağılımı

4.2.2. II. Modele Ait Von Mises Gerilme Değerleri İle İlgili Bulgular

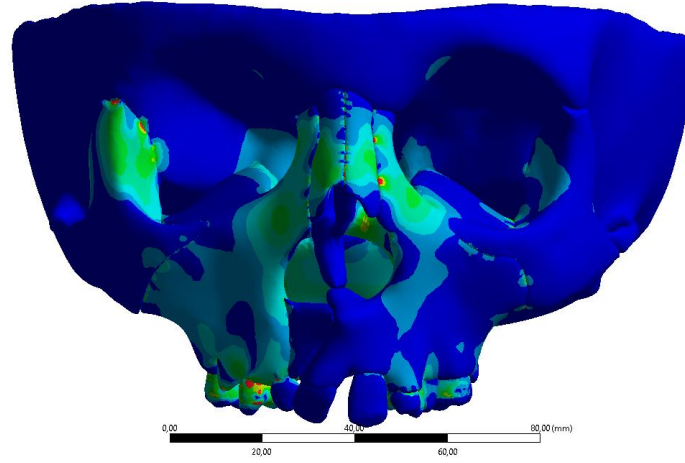
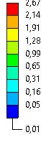
Von Mises gerilmelerine ait değerler Tablo 4-2’de ve görseller Şekil 4-8’de gösterilmiştir. Suturalar içerisinde en yüksek gerilme değerleri yarık bulunan tarafta sırasıyla sutura zigomatikofrontalis (1,11 MPa), sutura pterygopalatina (0,64 MPa) ve sutura nazomaksillaris (0,58 MPa) olarak bulunmuştur. En düşük gerilme değeri ise sutura frontonazaliste (0,05 MPa) ve ardından sutura zigomatikotemporaliste (0,08 MPa) görülmüştür. Yarık bulunmayan tarafta ise sutura internazalis (0,55 Mpa), sutura nazomaksillaris (0,22 MPa) ve sutura zigomatikomaksillaris (0,21 MPa) en yüksek von Mises gerilme değerlerine sahiptir. En düşük gerilme değeri sutura zigomatikotemporaliste (2×10^{-4} MPa) görülmüştür.

Yarık bulunan tarafta infraorbital foramende 0,22 MPa, infraorbital kenarda 0,12 MPa, lateral nazal duvarda 0,33 MPa ve zigomatik proseste 0,28 MPa von Mises gerilme değerleri bulunmuştur. Nasion’da 0,20 MPa, spina nazalis anterior’da 6×10^{-5} MPa ve A noktasında 0,004 MPa gerilme değerleri görülmüştür. Yarık bulunmayan taraftaki gerilme değerleri; infraorbital foramende 0,13 MPa, infraorbital kenarda 0,01 MPa, lateral nazal duvarda 0,20 MPa ve zigomatik proseste 0,16 MPa olarak bulunmuştur. Spina nazalis anteriorda 0,001 MPa, A noktasında 0,01 MPa von Mises gerilme değeri görülmüştür.

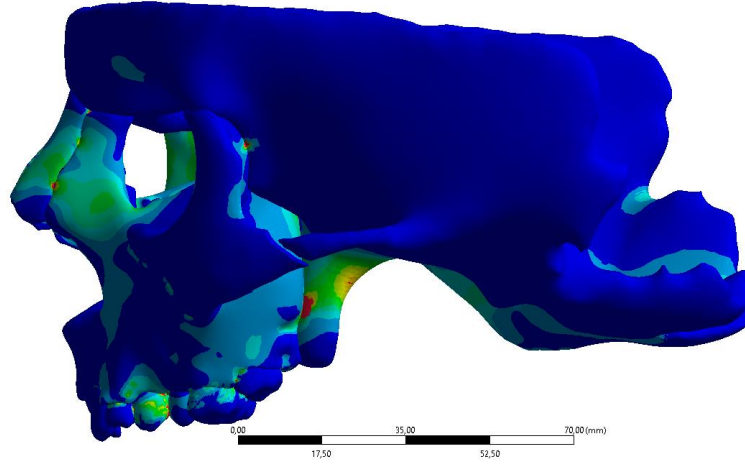
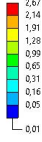
Dentoalveolar olarak değerlendirildiğinde premolar bölgede (sağ 0,76 MPa, sol 0,37 MPa) ve retromolar bölgede (sağ 0,95 MPa) yüksek gerilme değerleri görülmüştür. Dişsel olarak en yüksek gerilme değeri premolar dişte (sağ 0,53 MPa, sol 0,70MPa) bulunmuştur.

Yarık bulunan ve yarık bulunmayan taraflar genel olarak değerlendirildiğinde yarık bulunan tarafta daha yüksek gerilme değerleri olduğu görülmüştür.

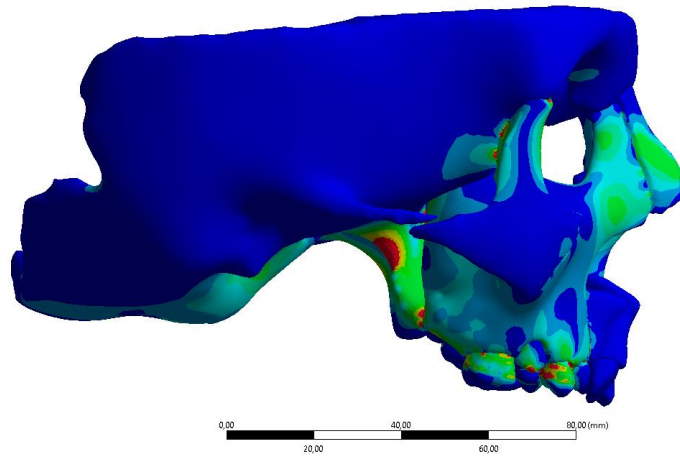
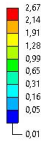
D: 2. grup
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
Custom Obsolete



D: 2. grup
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
Custom Obsolete



D: 2. grup
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
Custom Obsolete



Şekil 4.8: II. Modele ait von Mises gerilme dağılımları

4.3. Genişletme ve Protraksiyon Kuvveti Uygulanan III. Modele Ait Bulgular

4.3.1. III. Modele Ait Yer Değiştirme Değerleri İle İlgili Bulgular

III. Modele ait yer değiştirme değerleri Tablo 4-4'te gösterilmiştir. Tabloda her anatomik noktaya ait satırlardaki ilk değer 5 mm'lik açılma sonucundaki değişimi, ikinci değer ise genişletmenin ardından protraksiyon kuvveti uygulanması sonucundaki toplam değişimi göstermektedir. Bu iki değerin arasındaki fark ise yalnızca protraksiyon kuvvetinin meydana getirdiği değişimi belirtmektedir. Yer değiştirme değerleri x eksenini (transversal düzlem), y eksenini (anteroposterior düzlem), z eksenini (vertikal düzlem) olmak üzere üç düzlemde milimetre (mm) cinsinden incelenmiştir.

Transversal düzlemde (x ekseninde) yer değiştirme dağılımı

Transversal düzlemde meydana gelen yer değişimleri şekil 4-9'da renk skalası ile gösterilmiştir. X eksenini üzerinde pozitif değerler sola, negatif değerler ise sağa doğru hareketi göstermektedir. Yani yarık tarafında pozitif değerler daralmayı, negatif değerler açılmayı belirtirken; yarık bulunmayan tarafta pozitif değerler açılmayı, negatif değerler daralmayı göstermektedir.

st çene genişletmesi sonucunda transversal düzlemdeki açılma dudak damak yarığı anomalisinde midpalatal suturun bulunmamasına bağlı olarak premaksilla ile maksilla arasındaki kemik defekti bölgesinde gerçekleşmiştir.

Suturalar içerisinde de özellikle zigomatik bölgedeki suturalarda her iki tarafta da genişleme yönünde hareket gözlenmiştir. Meydana gelen yer değişimlerinin genel olarak anterior ve inferior bölgedeki yapılar da daha fazla olduğu grlmştir.

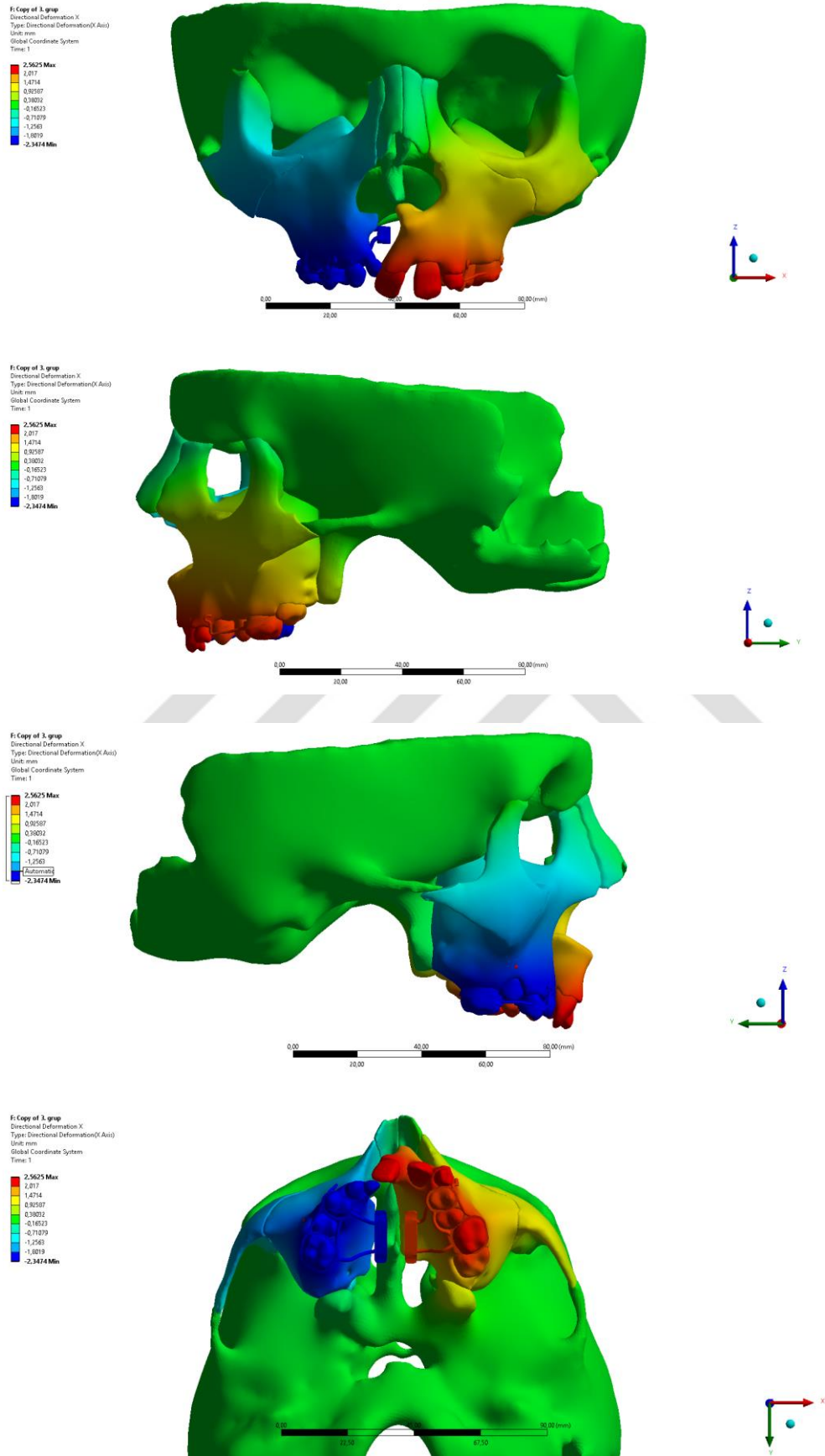
İnfracorbital kenarda (sağ 1,2636 mm sol 0,9207 mm), infracorbital foramende (sağ 1,549 mm, sol 1,3327 mm) ve lateral nazal duvarda (sağ 1,489 mm, sol 1,233 mm) yarık tarafında daha fazla olmak üzere genişleme grlmştir.

Dentoalveolar olarak değerlendirildiğinde genişleme miktarının yarık bulunan sağ tarafta daha fazla olduğu ve her iki tarafta da premolar bölgeden (sağ 2,0743 mm, sol 1,9616 mm) retromolar bölgeye (sağ 1,7804 mm, 1,4612 mm) doğru azaldığı grlmştir. Benzer şekilde premolar dişlerdeki (sağ 2,1958 mm, sol 2,0968 mm) ve molar dişlerdeki (sağ 2,2813 mm, sol 2,0958 mm) genişleme miktarı yarık tarafında

daha fazladır. Zigomatik proste de (sağ 1,8067 mm, sol 1,5677 mm) yarık tarafında daha fazla olmak üzere genişleme görülmüştür.

Genişletmenin ardından protraksiyon kuvveti uygulanması sonucunda transversal düzlem üzerinde oldukça düşük miktarlarda değişim gözlenmiştir. Bu değişim özellikle dentoalveolar olarak değerlendirildiğinde protraksiyon kuvvetinin yan etkisi olarak transversal düzlem üzerinde meydana gelen daralma miktarlarının I. ve II. modellerdeki değerlere kıyasla oldukça düşük düzeyde görüldüğü belirlenmiştir.





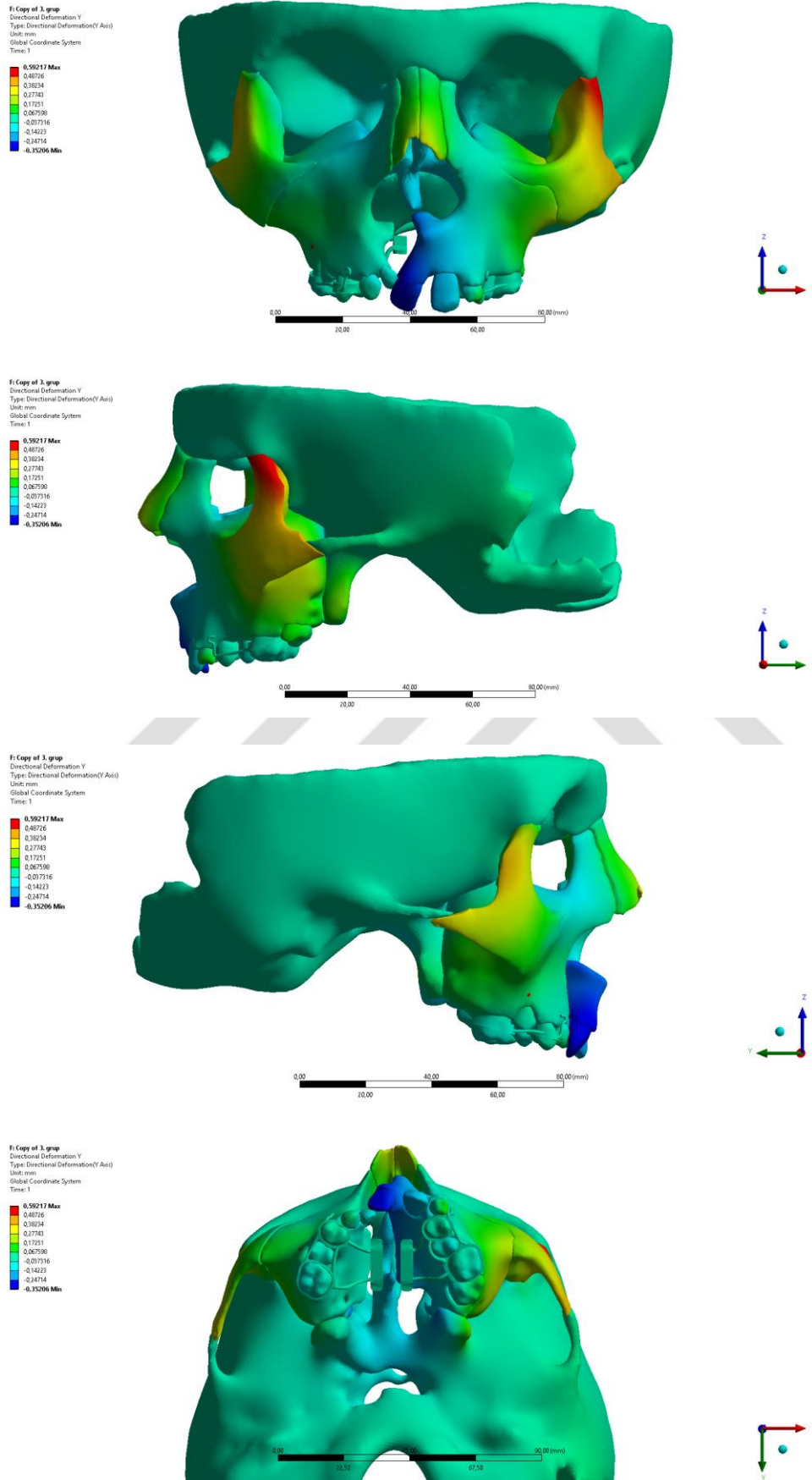
Şekil 4.9: III. Modelde transversal düzlemde yer değiştirme dağılımı

Antero-posterior düzlemde (y ekseninde) yer değiştirme dağılımı

Antero-posterior düzlemde meydana gelen yer değişimleri Şekil 4-10'da renk skalası ile gösterilmiştir. Y ekseninde pozitif değerler posterior yönde hareketi gösterirken negatif değerler anterior yönde hareketi göstermektedir.

Üst çene genişletmesine bağlı olarak meydana gelen yer değişimleri değerlendirilen noktalarda genel olarak posterior yönde görülmüştür. Genişletme sonrası protraksiyon kuvveti uygulandığında ise meydana gelen posterior yöndeki yer değiştirme bir miktar azalarak, üst çenede öne doğru hareket gözlenmiştir. Protraksiyon uygulaması I. ve II. modellerde olduğu gibi 500 g'lık kuvvetin anlık etkisini gösterdiğinden ölçülen miktarlar 5 mm'lik açılmanın etkilerine oranla oldukça düşük düzeylerde dir.

Dentoalveolar olarak değerlendirildiğinde; genişletme sonrası A noktasında (0,20 mm), ANS'de (0,22 mm), kesici dişin insizal kenarında (0,31 mm), kesici diş (0,22 mm), kanin (sağ 2,12e-003 mm, sol 2,42e-002 mm) ve premolar bölgelerinde (sağ 7,25e-004 mm, sol 1,22e-002 mm) anterior yönde hareket gözlenirken, posteriordaki dentoalveolar yapılarda posterior yönlü hareket gözlenmiştir. Bu durum genişletme sonrası meydana gelen saat yönündeki rotasyona bağlı olarak görülmüştür.



Şekil 4.10: III. Modelde antero-posterior düzlemde yer değiştirme dağılımı

Vertikal düzlemde (z ekseninde) yer değiştirme dağılımı

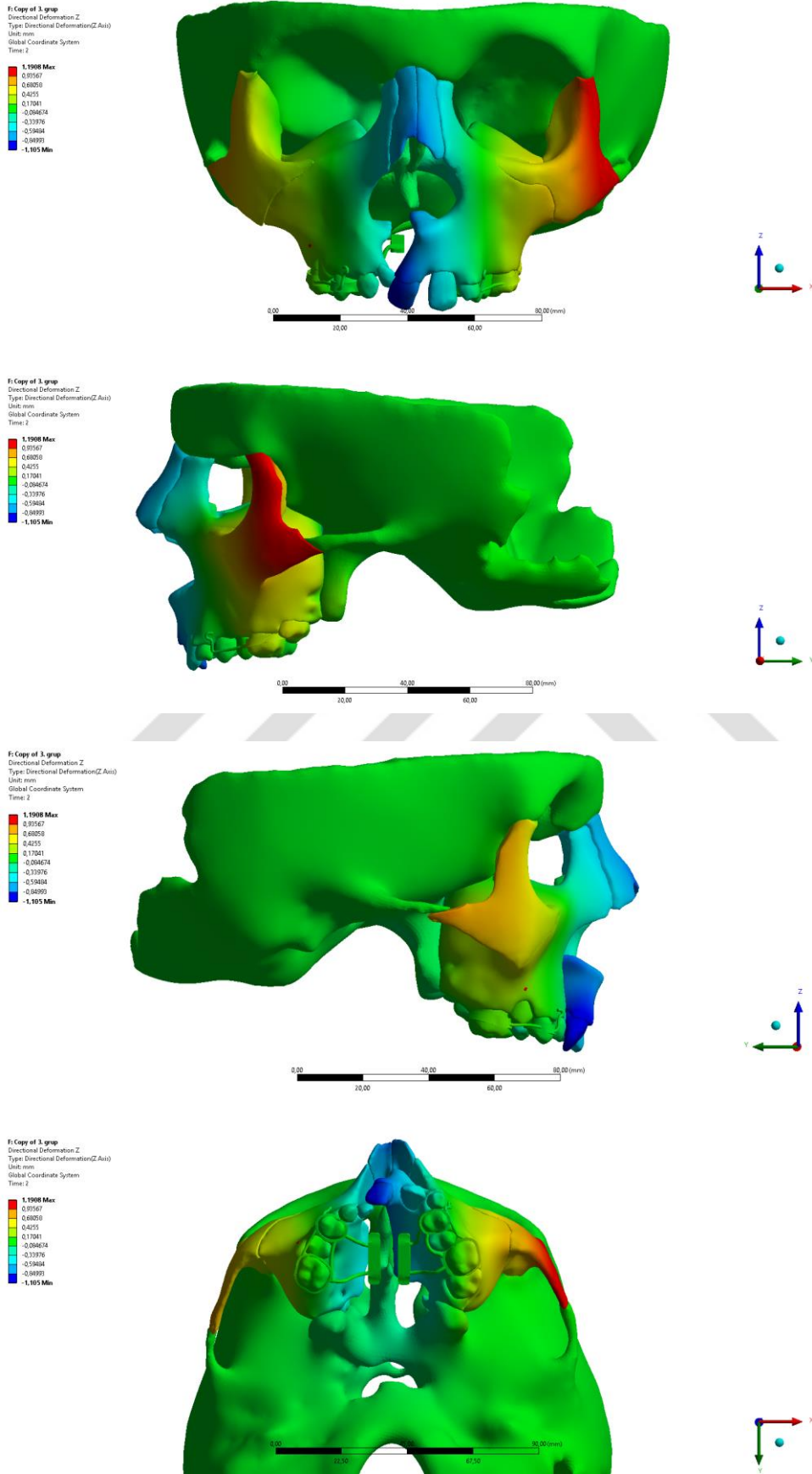
Vertikal düzlemde meydana gelen yer değişimleri Şekil 4-11’de renk skalası ile gösterilmiştir. Z ekseninde pozitif değerler superior yönde hareketi gösterirken, negatif değerler inferior yönde hareketi göstermektedir.

Vertikal düzlemde genişletme sonrası suturalar arasında genel olarak nazal bölgedeki suturalarda (sutura frontonazalis, sutura frontomaksillaris, sutura internazalis, sutura nazomaksillaris) inferior yönde hareket gözlenirken; posteriora yer alan sutura zigomatikomaksillaris, sutura zigomatikotemporalis, sutura zigomatikofrontalis ve sutura pterygopalatinada superior yönde hareket gözlenmiştir. Bu durum genişletme sonrası saat yönünde görülen rotasyona bağlı olarak gözlenmiştir.

Lateral nazal duvarda (sağ 0,25 mm, sol 0,18 mm), A noktasında (0,67 mm) ve ANS’de (0,63 mm) inferior yönde hareket gözlenirken, infraorbital foramen (sağ 0,11 mm, sol 0,29 mm) ve infraorbital kenarda (0,26 mm, 0,35 mm) superior yönde hareket gözlenmiştir.

Dentoalveolar olarak değerlendirildiğinde kanin bölgesinde (sağ 7,80e-002 mm, sol 4,69e-002 mm), kanin dişte (sağ 0,17 mm, sol 0,14 mm) ve premolar dişte (1,34e-002 mm, sol 1,17e-002 mm) yarık tarafında daha fazla olmak üzere inferior yönde hareket gözlenmiştir. Molar (sağ 0,28 mm, sol 0,45 mm) ve retromolar bölgelerde (sağ 0,25 mm, sol 0,44 mm) ise superior yönde hareket gözlenmiştir.

Genişletme sonrası protraksiyon kuvvetinin meydana getirdiği yer değişimi 5 mm’lik genişletme hareketine ve oluşan saat yönündeki rotasyona bağlı olarak maskelense de dentoalveolar yapılarda ve diğer anatomik noktalarda düşük miktarlarda anterior hareket gözlenmiştir. Vertikal düzlem üzerinde yalnızca protraksiyon uygulanan I. ve II. modellerde görülen saat yönünün tersine rotasyondan farklı olarak, anterior dentoalveolar bölgede aşağı yönde hareket gözleendiği ve genişletme sonrası protraksiyon kuvvetinin daha translatif bir hareket oluşumunu sağladığı görülmüştür.



Şekil 4.11: III. Modelde vertikal düzlemde yer değiştirme dağılımı

4.3.2. III. Modele Ait Von Mises Gerilme Değerleri İle İlgili Bulgular

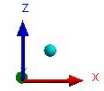
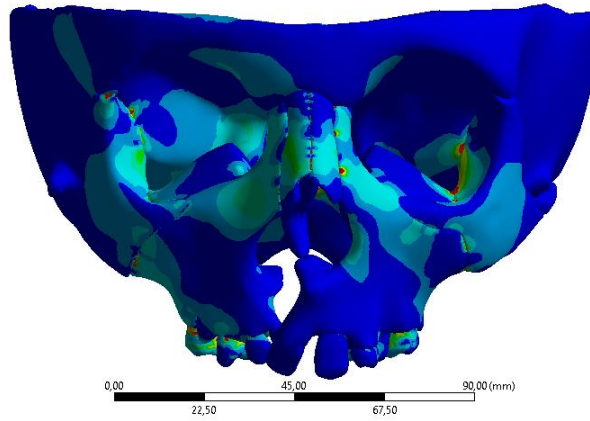
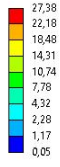
Von Mises gerilmelerine ait değerler Tablo 4-2’de gösterilmiştir. Suturalar içerisinde en yüksek gerilme değerleri yarık bulunan tarafta sırasıyla sutura pterygopalatina (15,4 MPa), sutura zigomatikofrontalis (10,9 MPa) ve sutura nazomaksillaris (8,48 MPa) olarak bulunmuştur. En düşük gerilme değeri ise sutura zigomatikotemporaliste (0,001 MPa) görülmüştür. Yarık bulunmayan tarafta sutura nazomaksillaris (8,68 MPa), sutura internazalis (8,43 MPa) ve sutura zigomatikomaksillaris (5,69 MPa) en yüksek gerilme değerlerinin görüldüğü suturalardır. En düşük gerilme değerleri sutura zigomatikofrontalis (0,002 MPa) ve ardından sutura zigomatikotemporaliste (0,03 MPa) bulunmuştur.

Yarık bulunan tarafta infraorbital foramende 1,15 MPa, infraorbital kenarda 4,4 MPa, lateral nazal duvarda 2,4 MPa ve zigomatik proseste 7,1 MPa von Mises gerilme değerleri bulunmuştur. Nasion’da 2,2 MPa, spina nazalis anterior’da 0,01 MPa ve A noktasında 0,07 MPa gerilme değerleri görülmüştür. Yarık bulunmayan taraftaki gerilme değerleri; infraorbital foramende 2,95 MPa, infraorbital kenarda 0,34 MPa, lateral nazal duvarda 7,6 MPa ve zigomatik proseste 2,5 MPa olarak bulunmuştur. Spina nazalis anteriorda 0,02 MPa, A noktasında 0,05 MPa von Mises gerilme değeri görülmüştür.

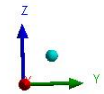
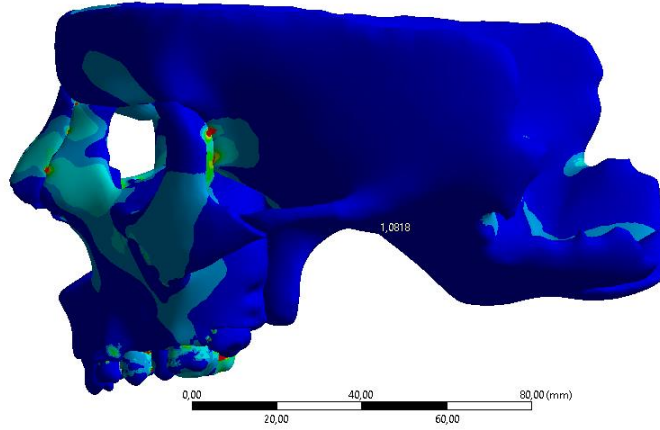
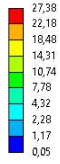
Dentoalveolar olarak kanin bölgesinden molar bölgeye doğru artan şekilde gerilme değerleri bulunmuştur. En yüksek gerilme değeri molar bölgesinde (sağ 8,2 MPa, sol 3,3 MPa) görülmüştür. Dişsel olarak en yüksek gerilme değeri molar dışında (sağ 8,1 MPa, sol 4,87 MPa) ve ardından premolar dışında (sağ 3,2 MPa, sol 4,07 MPa) bulunmuştur.

Genel olarak incelendiğinde yarık görülen taraftaki von Mises gerilme değerlerinin yarık görülmeyen tarafa göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

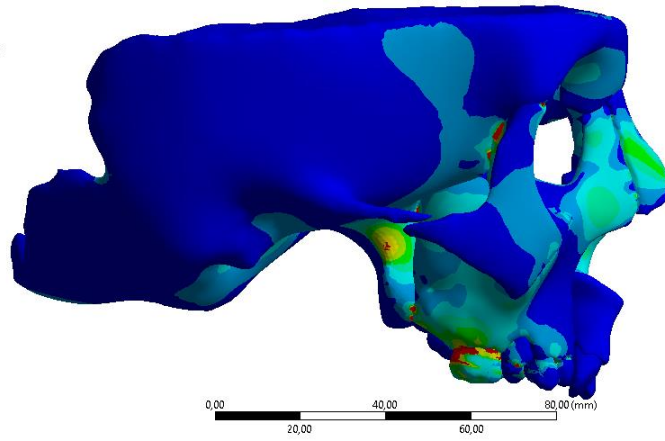
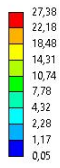
C: 0.4mm-blhk
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



C: 0.4mm-blhk
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



C: 0.4mm-blhk
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



Şekil 4.12: III.Modele ait von Mises gerilme dağılımları

4.4. Genişletme ve Protraksiyon Kuvveti Uygulanan Alveolar Kemik Greftli IV. Modele Ait Bulgular

4.4.1. IV. Modele Ait Yer Değiştirme Değerleri İle İlgili Bulgular

IV. Modele ait yer değiştirme değerleri Tablo 4-5'te gösterilmiştir. Tabloda her anatomik noktaya ait sütundaki ilk değer 5 mm'lik açılma sonucundaki değişimi, ikinci değer ise genişletmenin ardından protraksiyon kuvveti uygulanması sonucundaki toplam değişimi göstermektedir. Bu iki değer arasındaki fark ise yalnızca protraksiyon kuvvetinin meydana getirdiği değişimi belirtmektedir. Yer değiştirme değerleri x eksen (transversal düzlem), y eksen (anteroposterior düzlem), z eksen (vertikal düzlem) olmak üzere üç düzlemde milimetre (mm) cinsinden incelenmiştir.

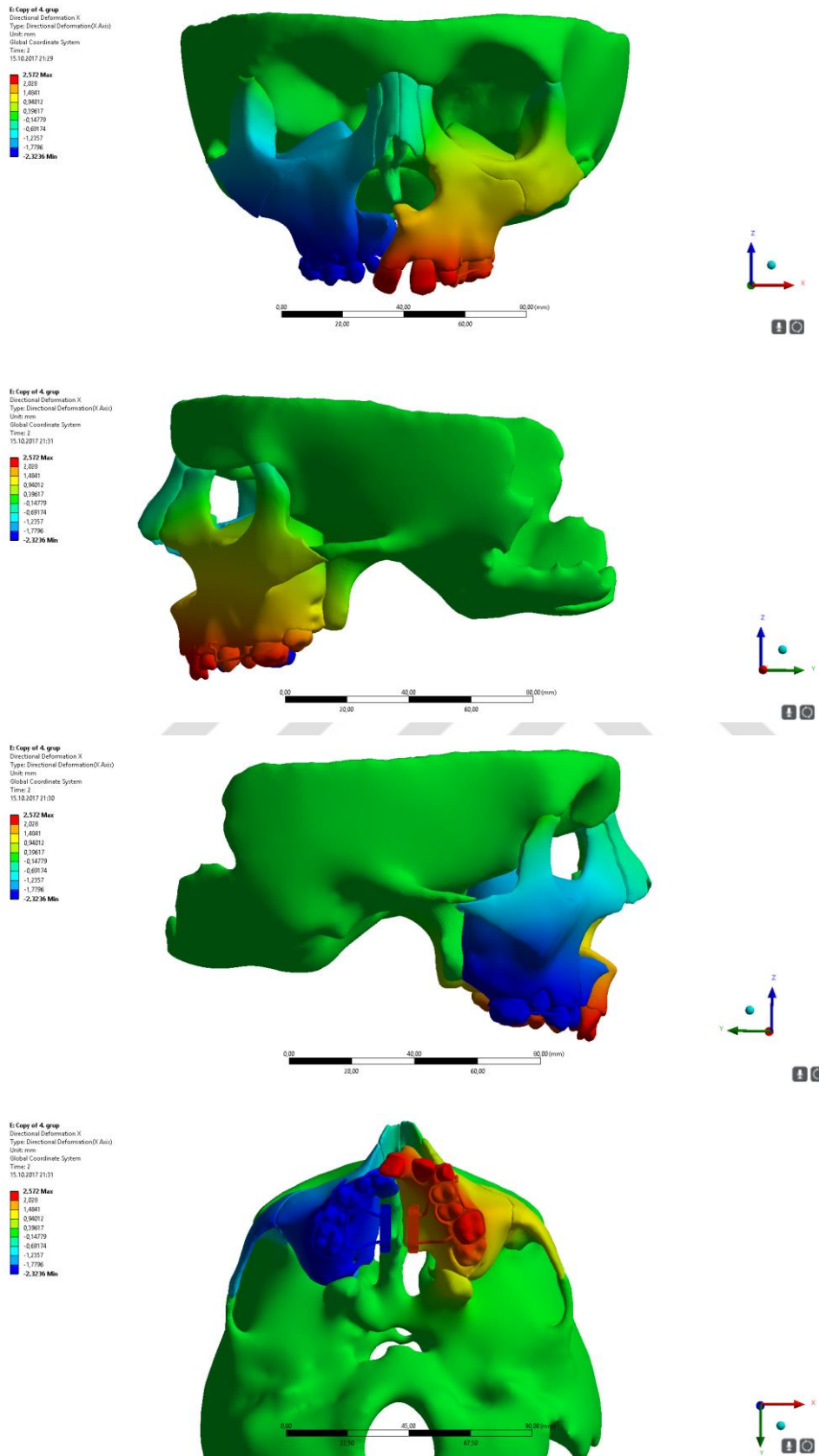
Transversal düzlemde (x ekseninde) yer değiştirme dağılımı

Transversal düzlemde meydana gelen yer değişimleri Şekil 4-13'de renk skalası ile gösterilmiştir. X eksen üzerinde pozitif değerler sola, negatif değerler ise sağa doğru hareketi göstermektedir. Yani yarık tarafında pozitif değerler daralmayı, negatif değerler açılmayı belirtirken; yarık bulunmayan tarafta pozitif değerler açılmayı, negatif değerler daralmayı göstermektedir.

Genişletme sonrası alveolar kemik greftli modelde de ayrılma kemik defekti bölgesinde meydana gelmiştir. İnfraorbital kenarda (sağ 1,17 mm sol 0,90 mm), infraorbital foramende (sağ 1,54 mm, sol 1,31 mm) ve lateral nazal duvarda (sağ 1,42 mm, sol 1,19 mm) yarık tarafında daha fazla olmak üzere genişleme görülmüştür.

Dentoalveolar olarak değerlendirildiğinde genişleme miktarının yarık bulunan sağ tarafta daha fazla olduğu ve her iki tarafta da premolar bölgeden (sağ 2,0646 mm, sol 1,9518 mm) retromolar bölgeye (sağ 2,043 mm, 1,3845 mm) doğru azaldığı görülmüştür. Benzer şekilde premolar dişteki (sağ 2,1001 mm, sol 2,0981 mm) ve molar dişteki (sağ 2,2376 mm, sol 2,0804 mm) genişleme miktarı yarık tarafında daha fazladır. Zigomatik proseste de (sağ 1,9319 mm, sol 1,5677 mm) yarık tarafında daha fazla olmak üzere genişleme görülmüştür. Ancak elde edilen genişleme miktarlarının alveolar kemik grefti uygulanmamış III. modeldeki dentoalveolar değerlere göre yarık tarafında bir miktar daha azaldığı, yarık bulunan ve bulunmayan taraflar arasında daha simetrik dağılım olduğu gözlenmiştir.

Genişletmenin ardından protraksiyon kuvveti uygulanması sonucunda protraksiyon kuvvetinin yan etkisi olarak dentoalveolar yapılarda meydana gelen daralma şeklindeki etki genişletme yapılmamış modellere göre daha düşük düzeyde gözlenmiştir.



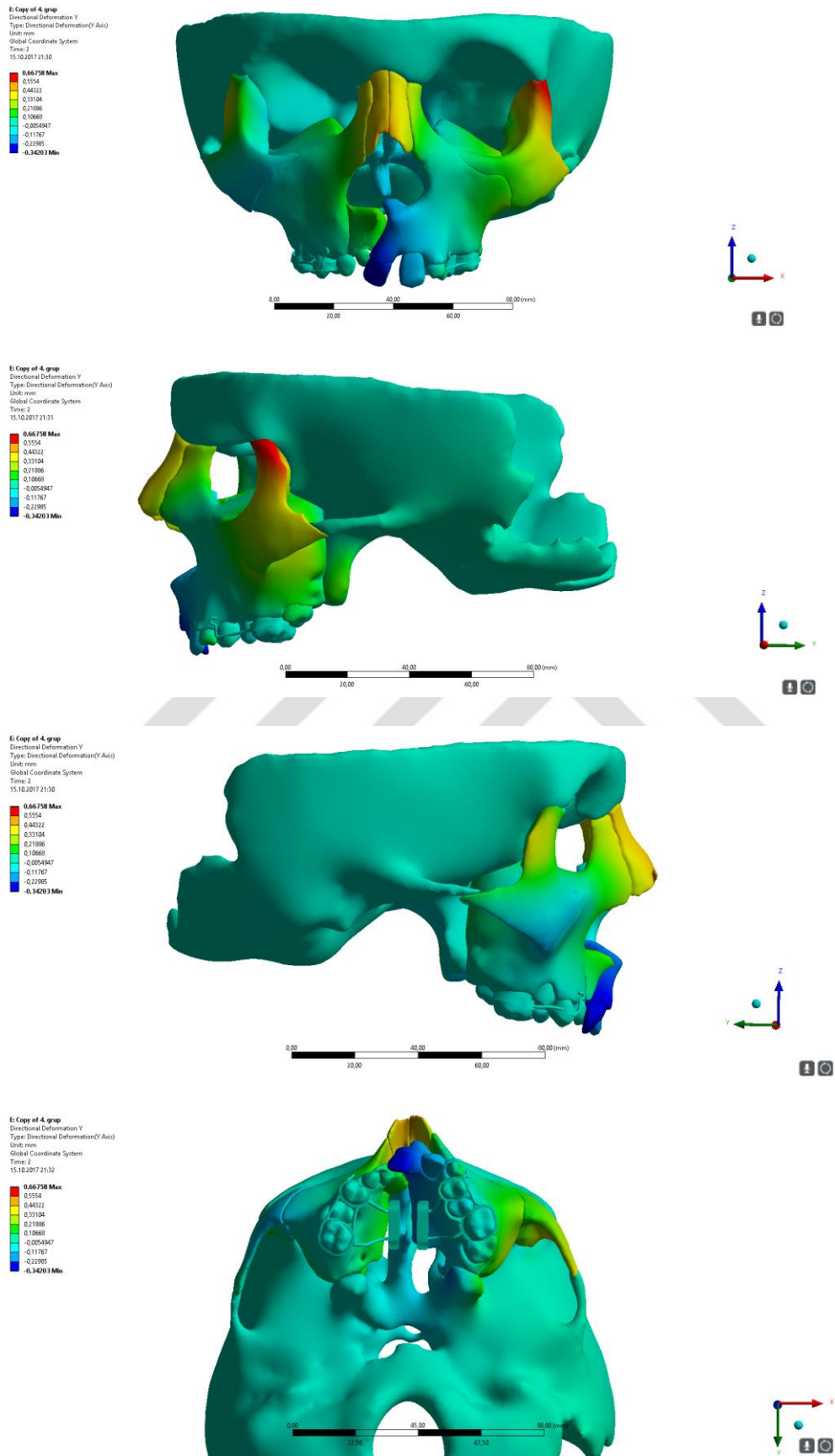
Şekil 4.13: IV. Modelde transversal düzlemde yer değiştirme dağılımı

Antero-posterior düzlemde (y ekseninde) yer değiştirme dağılımı

Antero-posterior düzlemde meydana gelen yer değişimleri Şekil 4-14'te renk skalası ile gösterilmiştir. Y ekseninde pozitif değerler posterior yönde hareketi gösterirken negatif değerler anterior yönde hareketi göstermektedir.

Üst çene genişletilmesine bağlı olarak antero-posterior düzlem üzerinde genel olarak posterior yönde hareket gözlenmiştir. Genişletme sonrası uygulanan protaksiyon kuvveti anterior yönde bir etki yaratsa da meydana gelen değişim hem 5 mm'lik açılma simülasyonundan hem de genişletme sonucunda oluşan saat yönündeki rotasyondan dolayı maskelenmiştir.

Dentoalveolar olarak değerlendirildiğinde; genişletme sonrası A noktasında (0,18 mm), ANS'de (0,17 mm), kesici dişin insizal kenarında (0,30 mm), kesici diş (0,21 mm), kanin (sol 2,12e-002 mm), premolar (sağ 1,15e-002 mm, sol 1,02e-002 mm) ve molar (sağ 2,52e-002 mm, sol 1,84e-002 mm) bölgelerde ve molar dişte (sağ 2,06e-002 mm, sol 2,03e-002 mm) anterior yönde hareket gözlenirken, diğer dentoalveolar yapılarda posterior yönlü hareket gözlenmiştir. Bu durum genişletme sonrası meydana gelen saat yönündeki rotasyona bağlı olarak görülmüştür. Meydana gelen anterior yöndeki yer değişimi miktarlarının yine genel olarak yarık tarafında fazla olmak ile birlikte aradaki farkın III. model ile kıyaslandığında alveolar kemik grefti sonrası bir miktar azaldığı ve daha simetrik dağılım gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 4.14: IV. Modelde antero-posterior düzlemde yer değiştirme dağılımı

Vertikal düzlemde (z ekseninde) yer değiştirme dağılımı

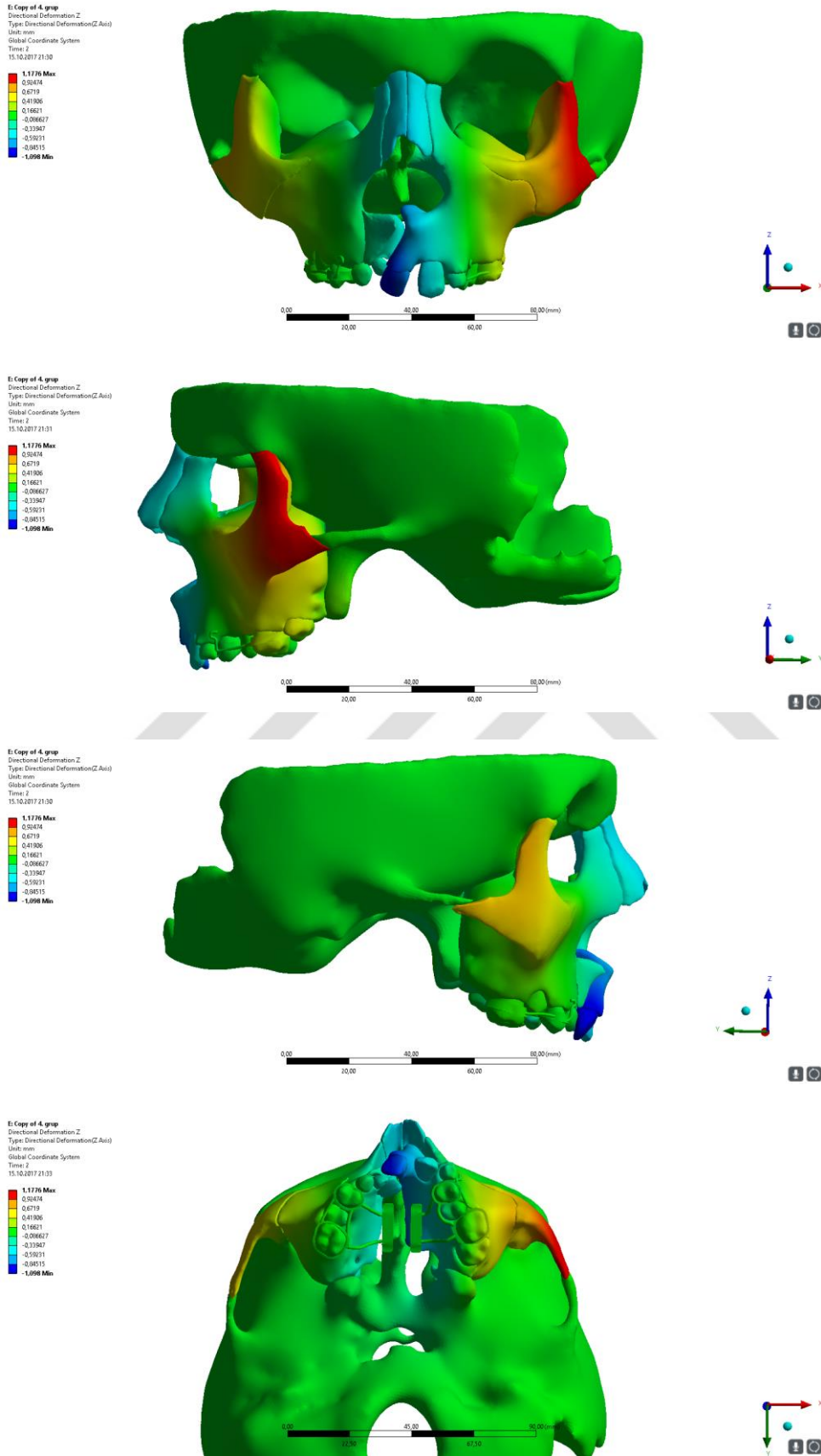
Vertikal düzlemde meydana gelen yer değişimleri Şekil 4-14'te renk skalası ile gösterilmiştir. Z eksenini üzerinde pozitif değerler superior yönde hareketi gösterirken, negatif değerler inferior yönde hareketi göstermektedir.

Vertikal düzlemde genişletme sonrası suturalar arasında III. model ile benzer şekilde nazal bölgede yer alan suturalarda inferior, posterior bölgede yer alan suturalarda ise superior yönlü hareket görülmüştür. Bu durum genişletme sonrası saat yönünde görülen rotasyona bağlı olarak gözlenmiştir.

Lateral nazal duvarda (sağ 0,15 mm, sol 0,14 mm), A noktasında (0,62 mm) ve ANS'de (0,59 mm) inferior yönde hareket gözlenirken, infraorbital foramen (sağ 0,10 mm, sol 0,21 mm) ve infraorbital kenarda (0,22 mm, 0,35 mm) superior yönde hareket gözlenmiştir. Elde edilen yer değişimi değerlerinin III. model ile kıyaslandığında yarık tarafında azalarak daha simetrik bir dağılım gösterdiği görülmüştür.

Dentoalveolar olarak değerlendirildiğinde genişletme sonrası kanin bölgesinde (sağ 1,59e-002 mm, sol 2,11e-002 mm), kanin dişte (sağ 0,10 mm, sol 9,77e-002 mm) ve premolar dişte (4,03e-003 mm, sol 1,85e-002 mm) inferior yönde hareket gözlenmiştir. Meydana gelen yer değişimlerinin yarık tarafında alveolar kemik greftinin etkisine bağlı olarak III. modeldeki değerlere göre azaldığı görülmüştür. Molar dişi (sağ 2,25e-002 mm, sol 0,16 mm) ile molar (sağ 0,14 mm, sol 0,47 mm) ve retromolar bölgelerde (sağ 8,27e-002 mm, sol 0,45 mm) ise superior yönde hareket gözlenmiştir.

Genişletme sonrası protraksiyon kuvveti uygulandığında I. ve II modellerde anterior dentoalveolar bölgede görülen saat yönünün tersine rotasyona bağlı yukarı yönlü hareketin azaldığı ve A noktası, ANS, kesici bölgesi ile kesici dişin insizal kenarında aşağı doğru değişim gözlemlendiği belirlenmiştir. Bu durum protraksiyon kuvvetinin genişletme sonrası uygulandığında üst çenede daha translatif bir hareket meydana geldiğini göstermektedir.



Şekil 4.15: IV. Modelde vertikal düzlemde yer değiştirme dağılımı

4.4.2. IV. Modele Ait Von Mises Gerilme Değerleri İle İlgili Bulgular

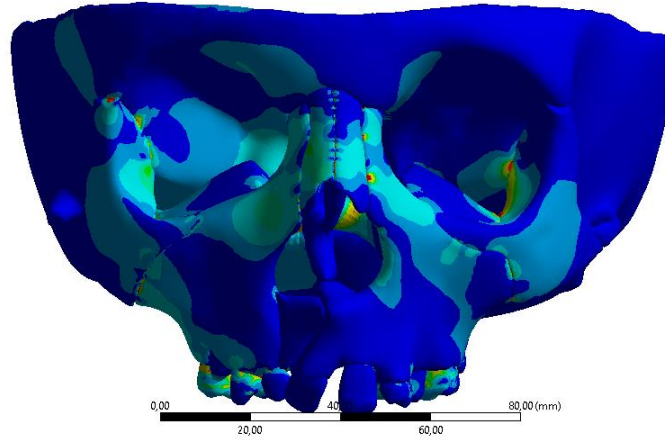
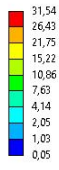
Von Mises gerilme değerleri Tablo 4-2' de gösterilmiştir. Suturalar içerisinde en yüksek gerilme değeri gösterenler yarık bulunan tarafta sırasıyla sutura pterygopalatina (13,8 MPa), sutura zigomatikofrontalis (8,2 MPa) ve sutura nazomaksillaris (7,3 MPa) olarak bulunmuştur. En düşük gerilme değeri ise sutura zigomatikotemporaliste (0,0002 MPa) görülmüştür. Yarık bulunmayan tarafta ise sutura nazomaksillaris (7,4 MPa), sutura internazalis (6,1 MPa) ve sutura zigomatikomaksillaris (4,4 MPa) en yüksek gerilme değerlerinin görüldüğü suturalardır. En düşük gerilme değerleri ise sutura zigomatikofrontalis (0,009 MPa) ve sutura zigomatikotemporaliste (0,02 MPa) görülmüştür.

Yarık bulunan taraftaki gerilme değerleri infraorbital foramende 1,4 MPa, infraorbital kenarda 3,2 MPa, lateral nazal duvarda 2,7 MPa ve zigomatik proste 6,3 MPa olarak bulunmuştur. Nasion'da 2,01 MPa, spina nazalis anterior'da 0,0007 MPa ve A noktasında 0,15 MPa gerilme değerleri görülmüştür. Yarık bulunmayan taraftaki gerilme değerleri; infraorbital foramende 2,5 MPa, infraorbital kenarda 0,27 MPa, lateral nazal duvarda 7,1 MPa ve zigomatik proste 2,1 MPa olarak bulunmuştur. Spina nazalis anteriorda 0,01 MPa, A noktasında 0,04 MPa von Mises gerilme değeri görülmüştür.

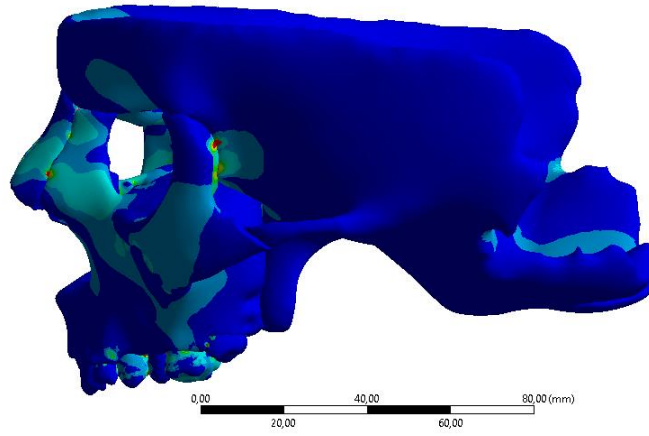
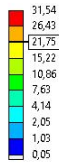
Dentoalveolar olarak değerlendirildiğinde en yüksek gerilme değeri yarık görülen ve görülmeyen tarafta da molar bölgesinde (sağ 7,5 MPa, sol 2,4 MPa) görülmüştür. Dişsel olarak kanin dışından molar dişine doğru artan düzeyde von Mises gerilme değerleri bulunmuştur.

Genel olarak değerlendirildiğinde yarık bulunan taraftaki gerilme değerlerinin yarık bulunmayan taraftaki gerilme değerlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

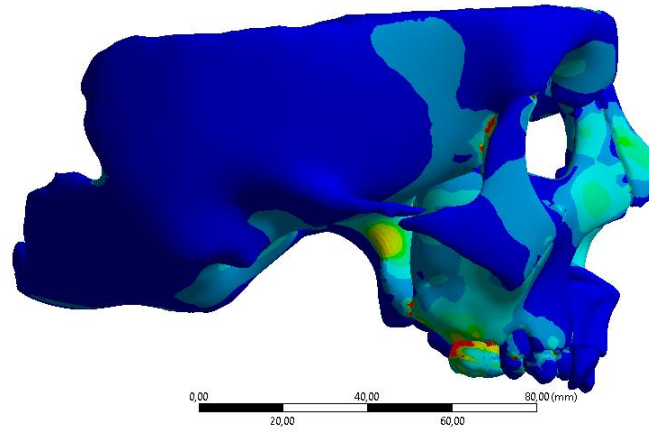
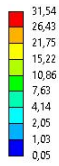
D: 0.4mm-grft
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



D: 0.4mm-grft
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



D: 0.4mm-grft
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



Şekil 4.16: IV. Modele ait von Mises gerilme dağılımları

Tablo 4.1: I. modelde x,y ve z eksenlerinde yer değiştirme değerleri (mm)

	X Eksenı		Y Eksenı		Z Eksenı	
	Yarık tarafı	Yarıksız taraf	Yarık tarafı	Yarıksız taraf	Yarık tarafı	Yarıksız taraf
1. S. Frontonazalis	7,09e-003	7,02e-003	1,61e-003	2,33e-003	3,80e-003	2,46e-003
2. S. Frontomaksillaris	5,47e-003	5,74e-003	1,31e-004	2,04e-003	2,63e-003	-1,52e-005
3. S. İnternazalis	6,17e-003	6,17e-003	-1,42e003	-1,42e003	5,34e-003	5,34e-003
4. S.Zigomatikomaksillaris	8,72e-003	3,20e-004	-1,27e-002	-3,50e-003	-8,45e-003	-4,55e-003
5. S. Zigomatikofrontalis	-7,71e-006	1,96e-003	-7,26e-003	-1,44e-003	-1,38e-002	-6,75e-003
6. S. Zigomatikotemporalis	2,45e-003	-8,90e-004	-1,38e-002	-2,44e-003	-2,20e-002	-8,58e-003
7. S. Nazomaksillaris	5,33e-003	4,26e-003	-2,86e-003	-7,64e-004	4,15e-003	1,83e-003
8. S. Pterygopalatina	6,58e-003	-2,48e-003	-1,36e-002	-4,03e-003	-1,23e-002	-6,69e-003
9. İnfraorbital foramen	1,17e-002	-5,23e-004	-1,24e-002	-4,78e-003	-4,48e-003	-3,18e-003
10. İnfraorbital kenar	6,87e-003	1,02e-003	-9,45e-003	-3,13e-003	-6,02e-003	-3,48e-003
11. Lateral nazal duvar	1,01e-002	4,35e-004	-9,47e-003	-4,58e-003	4,14e-004	-8,22e-004
12. Zigomatik proses	1,08e-002	-1,33e-003	-1,54e-002	-5,44e-003	-8,40e-003	-5,19e-003
13. Nasion	7,25e-003	7,25e-003	2,26e-003	2,26e-003	3,27e-003	3,27e-003
14. ANS	-----	4,17e-004	-----	-7,15e-003	-----	1,03e-003
15. A noktası	-----	3,61e-0005	-----	-8,42e-003	-----	4,37e-004
16. Kesici Bölgesi	-----	-1,98e-004	-----	-8,53e-003	-----	-1,05e-004
17. Kanin Bölgesi	1,42e-002	-4,29e-004	-1,58e-002	-8,26e-003	3,70e-004	-1,14e-003
18. Premolar bölgesi	1,38e-002	-1,12e-003	-1,70e-002	-7,44e-003	-3,89e-003	-3,05e-003
19. Molar Bölgesi	1,13e-002	-1,95e-003	-1,62e-002	-6,39e-003	-1,01e-002	-5,49e-003
20. Retromolar Bölge	8,86e-003	-2,12e-003	-1,52e-002	-5,92e-003	-1,26e-002	-6,63e-003
21. Kesici diş insizal kenarı	-----	-5,64e-004	-----	-1,16e-002	-----	-7,21e-004
22. Kanin tüberkülü	1,69e-002	-1,16e-004	-2,06e-002	-1,08e-002	1,73e-003	-1,23e-003
23. Premolar tüberkülü	1,58e-002	-1,09e-003	-2,11e-002	-1,16e-002	-2,79e-003	-3,37e-003
24. Molar tüberkülü	1,50e-002	-2,80e-003	-2,01e-002	-8,42e-003	-8,56e-003	-5,22e-003

Tablo 4.2: Von Mises gerilme değerleri (MPa)

	I. Model		II. Model		III. Model		IV. Model	
	Yarık tarafı	Yarıksız taraf	Yarık tarafı	Yarıksız Taraf	Yarık tarafı	Yarıksız Taraf	Yarık tarafı	Yarıksız taraf
1	0,11	0,11	0,05	0,01	2	1,63	0,93	1,43
2	0,17	0,13	0,24	0,10	1,25	3,9	1,05	3,46
3	1,05	1,05	0,55	0,55	8,43	8,43	6,1	6,1
4	0,41	0,38	0,39	0,21	7,4	5,69	5,6	4,4
5	1,87	0,002	1,11	0,002	1,9	0,002	8,2	0,009
6	0,12	0,001	0,08	2×10^{-4}	0,0001	0,03	0,0002	0,02
7	0,61	0,27	0,58	0,22	8,48	8,68	7,32	7,4
8	1,96	0,80	0,64	0,18	15,4	0,24	13,8	0,12
9	0,26	0,28	0,22	0,13	1,51	2,95	1,48	2,53
10	0,15	0,01	0,12	0,01	4,40	0,34	3,29	0,27
11	0,36	0,38	0,33	0,20	2,41	7,60	2,78	7,13
12	0,028	0,11	0,28	0,16	7,1	2,5	6,3	2,1
13	0,48	0,48	0,20	0,20	2,2	2,2	2,01	2,01
14	0,01	0,01	6×10^{-5}	0,001	0,01	0,02	0,0007	0,01
15	0,003	0,06	0,004	0,01	0,07	0,05	0,15	0,04
16	-----	0,003	-----	0,001	-----	0,037	----	0,018
17	0,72	0,47	0,46	0,15	2,6	2,5	2,1	1,5
18	0,91	0,59	0,76	0,37	4,6	1,8	2,9	0,8
19	0,25	0,04	0,24	0,21	8,2	3,3	7,5	2,4
20	1,17	0,06	0,95	0,03	7	0,24	6,7	0,12
21	-----	0,002	-----	0,001	-----	0,0001	----	0,0001
22	0,26	0,04	0,24	0,02	1,9	0,79	1,8	0,3
23	0,70	1,41	0,53	0,70	3,2	4,07	2,64	3,96
24	0,21	0,04	0,11	0,03	8,1	4,87	6,92	4,68

Tablo 4.3: II. modelde x,y ve z eksenlerinde yer değiştirme değerleri (mm)

	X Eksenı		Y Eksenı		Z Eksenı	
	Yarık tarafı	Yarıksız taraf	Yarık tarafı	Yarıksız taraf	Yarık tarafı	Yarıksız taraf
1. S. Frontonazalis	4,52e-0003	4,52e-003	2,35e-003	2,76e-003	7,24e-003	6,45e-003
2. S. Frontomaksillaris	3,43e-003	3,65e-003	1,23e-003	2,52e-003	5,72e-003	4,23e-003
3. S. İnternazalis	3,94e-003	3,94e-003	-4,38e-004	-4,38e-004	9,16e-003	9,16e-003
4. S.Zigomatikomaksillaris	8,81e-003	-3,86e-003	-9,84e-003	-4,26e-003	-4,77e-003	-3,02e-003
5. S. Zigomatikofrontalis	1,32e-004	7,61e-004	-5,00e-003	-1,93e-003	-9,41e-003	-5,75e-003
6. S. Zigomatikotemporalis	2,33e-003	-2,13e-003	-1,18e-002	-5,49e-002	-1,77e-002	-9,27e-003
7. S. Nazomaksillaris	4,28e-003	1,32e-003	-1,25e-003	2,35e-004	7,08e-003	5,60e-003
8. S. Pterygopalatina	6,59e-003	-4,04e-003	-1,04e-002	-5,78e-003	-7,96e-003	-3,08e-003
9. İnfraorbital foramen	1,02e-002	-5,12e-003	-8,17e-003	-4,02e-003	-1,68e-003	-8,89e-004
10. İnfraorbital kenar	7,24e-003	-2,91e-003	-6,81e-003	-2,59e-003	-2,87e-003	-9,80e-004
11. Lateral nazal duvar	1,06e-002	-5,20e-003	-5,43e-003	-2,36e-003	3,55e-003	2,94e-003
12. Zigomatik proses	1,10e-002	-5,76e-003	-1,20e-002	-6,03e-003	-5,70e-003	-3,33e-003
13. Nasion	4,71e-003	4,71e-003	2,78e-003	2,78e-003	6,95e-003	6,95e-003
14. ANS	-----	-8,05e-003	-----	-2,75e-003	-----	6,40e-003
15. A noktası	-----	-8,96e-003	-----	-3,72e-003	-----	6,06e-003
16. Kesici Bölgesi	-----	-9,16e-003	-----	-4,09e-003	-----	6,95e-003
17. Kanin Bölgesi	1,63e-002	-9,28e-003	-1,08e-002	-6,41e-003	2,50e-003	1,73e-003
18. Premolar bölgesi	1,49e-002	-8,02e-003	-1,20e-002	-6,33e-003	-5,84e-004	-1,95e-003
19. Molar Bölgesi	1,14e-002	-6,66e-003	-1,27e-002	-6,82e-003	-6,53e-003	-3,45e-003
20. Retromolar Bölge	8,74e-003	-4,49e-003	-1,20e-002	-6,30e-003	-8,32e-003	-4,85e-003
21. Kesici diş insizal kenarı	-----	-1,13e-002	-----	-7,29e-003	-----	4,14e-003
22. Kanin tüberkülü	2,11e-002	-1,08e-002	-1,26e-002	-8,24e-003	4,53e-003	2,11e-003
23. Premolar tüberkülü	1,95e-002	-9,92e-003	-1,39e-002	-8,02e-003	4,46e-004	7,50e-004
24. Molar tüberkülü	1,48e-002	-8,28e-003	-1,50e-002	-8,04e-003	-4,62e-003	-2,55e-003

Tablo 4.4: III. modelde x,y ve z eksenlerinde yer değistirme değerleri (mm)

	X Eksen		Y Eksen		Z Eksen	
	Yarık tarafı	Yarıksız taraf	Yarık tarafı	Yarıksız taraf	Yarık tarafı	Yarıksız taraf
1. S. Frontonazalis	-0,31569 -0,33003	-0,33776 -0,34765	1,64E-02 9,84E-03	4,11E-02 3,58E-02	-0,64573 -0,64247	-0,60394 -0,60039
2. S. Frontomaksillaris	-0,31007 -0,32354	-0,33055 -0,34708	-5,18E-02 -5,49E-02	1,54E-02 1,33E-02	-0,4823 -0,47999	-0,40706 -0,40525
3. S. İnternazalis	-0,22746 -0,23729	-0,22746 -0,23729	0,18186 0,17745	0,18186 0,17745	-0,67817 -0,67394	-0,67817 -0,67394
4. S.Zigomatikomaksillaris	-1,458 -1,4567	1,178 1,0977	1,05E-02 7,41E-03	0,17469 0,17674	0,34611 0,34937	0,66631 0,70061
5. S. Zigomatikofrontalis	-4,42E-02 -2,54E-02	-0,13136 -0,2273	8,34E-02 0,10554	0,5292 0,59855	0,32522 0,37917	0,94638 1,0416
6. S. Zigomatikotemporalis	-0,88493 -0,88067	0,75849 0,75843	0,33778 0,3313	0,40713 0,39191	0,82768 0,84646	1,1143 1,1878
7. S. Nazomaksillaris	-0,26935 -0,28377	0,53736 0,51861	5,76E-02 5,29E-02	5,94E-02 5,92E-02	-0,59267 -0,58894	-0,56687 -0,56321
8. S. Pterygopalatina	-1,7893 -1,7938	1,3641 1,3656	5,50E-02 5,32E-02	7,58E-02 7,32E-02	7,02E-02 7,21E-02	0,18391 0,19187
9. İnfraorbital foramen	-1,549 1,5484	1,3327 1,3194	4,98E-02 4,77E-02	8,14E-02 8,02E-02	0,11022 0,11026	0,29238 0,30194
10. İnfraorbital kenar	-1,2636 -1,26	0,92071 0,88111	7,90E-03 4,75E-03	6,33E-02 7,28E-02	0,26233 0,26396	0,35384 0,36893
11. Lateral nazal duvar	-1,489 -1,4878	1,233 1,2139	2,12E-02 2,04E-02	-4,05E-02 -3,98E-02	-0,25824 -0,25893	-0,1874 -0,18852
12. Zigomatik proses	-1,8067 -1,8087	1,5677 1,5641	7,68E-02 7,40E-02	0,17248 0,16847	0,34787 0,34932	0,53385 0,54862
13. Nasion	-0,33986 -0,34893	-0,33986 -0,34893	3,01E-02 2,38E-02	3,01E-02 2,38E-02	-0,64261 -0,63747	-0,64261 -0,63747
14. ANS	-----	1,7918 1,7814	-----	-0,20535 -0,2058	-----	-0,63347 -0,64555
15. A noktası	-----	1,9761 1,9699	-----	-0,22349 -0,2235	-----	-0,6795 -0,69263
16. Kesici Bölgesi	-----	2,155 2,1529	-----	-0,22037 -0,22092	-----	-0,6581 -0,67106
17. Kanin Bölgesi	-2,0895 -2,0893	2,1012 2,0991	-2,12E-02 -2,15E-02	-2,42E-02 -2,48E-02	-2,12E-02 -2,15E-02	-4,69E-02 -4,91E-02
18. Premolar bölgesi	-2,0743 -2,0739	1,9616 1,9587	3,41E-04 -7,25E-04	-1,22E-02 -1,34E-02	3,41E-04 -7,25E-04	5,57E-02 5,45E-02
19. Molar Bölgesi	-1,9459 -1,9451	1,8154 1,8142	5,37E-02 5,17E-02	9,50E-02 9,21E-02	5,37E-02 5,17E-02	0,45349 0,46349
20. Retromolar Bölge	-1,7804 -1,7800	1,4612 1,4597	8,86E-02 8,58E-02	8,71E-02 8,45E-02	8,86E-02 8,58E-02	0,44549 0,45755
21. Kesici diş insizal kenarı	-----	2,4702 2,4756	-----	-0,31677 -0,31798	-----	-0,95821 -0,97727
22. Kanin tüberkülü	-2,3424 -2,3409	2,3623 2,3573	3,29E-02 3,47E-02	6,07E-02 6,05E-02	3,29E-02 3,47E-02	-0,14207 -0,14514
23. Premolar tüberkülü	-2,1958 -2,195	2,0968 2,0936	1,01E-02 9,88E-03	4,37E-03 4,29E-03	1,01E-02 9,88E-03	-1,17E-02 -1,19E-02
24. Molar tüberkülü	-2,2813 -2,2812	2,0958 2,0955	3,52E-02 -3,51E-02	-1,90E-02 -1,89E-02	-3,52E-02 -3,51E-02	0,15653 0,15474

Tablo 4.5: IV. modelde x,y ve z eksenlerinde yer değiştirme değerleri (mm)

	X Eksen		Y Eksen		Z Eksen	
	Yarık tarafı	Yarıksız taraf	Yarık tarafı	Yarıksız taraf	Yarık tarafı	Yarıksız taraf
1. S. Frontonazalis	-0,33725 -0,35544	-0,36626 -0,37992	0,42827 0,41818	0,389 0,38458	-0,49723 -0,49318	-0,48716 -0,48395
2. S. Frontomaksillaris	-0,1721 -0,33859	-0,34112 -0,36249	0,33758 0,3293	0,29206 0,29347	-0,34583 -0,34214	-0,35335 -0,35267
3. S. İnternazalis	-0,35356 -0,36575	-0,35356 -0,36575	0,43689 0,4308	0,43689 0,4308	-0,51690 -0,51287	-0,51690 -0,51287
4. S.Zigomatikomaksillaris	-1,5773 -1,5806	1,1018 1,836	-8,32E-02 -8,54E-02	0,17521 0,17868	0,28981 0,28827	0,67672 0,71163
5. S. Zigomatikofrontalis	-3,90E-02 -3,30E-02	-0,13239 -0,22332	9,52E-02 0,10563	0,52871 0,60253	0,32272 0,34088	0,94881 1,0439
6. S. Zigomatikotemporalis	-1,1983 -1,1972	0,77616 0,77756	9,23E-02 9,03E-02	0,38214 0,36848	0,69862 0,70507	1,1042 1,1746
7. S. Nazomaksillaris	-0,30882 -0,32966	0,41164 0,39424	0,31736 0,31411	0,18038 0,18152	-0,44842 -0,44403	-0,30069 -0,29924
8. S. Pterygopalatina	-2,0898 -2,0931	1,3632 1,3648	3,16E-02 3,05E-02	9,13E-02 8,94E-02	-3,88E-02 -3,79E-02	0,17694 0,18464
9. İnfraorbital foramen	-1,5408 -1,5435	1,3141 1,3026	5,93E-02 5,79E-02	9,19E-02 9,20E-02	0,10729 0,10683	0,21823 0,20928
10. İnfraorbital kenar	-1,1759 -1,1792	0,90302 0,866	-2,20E-02 -2,51E-02	8,42E-02 9,47E-02	0,22967 0,22831	0,35139 0,36788
11. Lateral nazal duvar	-1,4275 -1,43	1,1916 1,1749	0,17305 0,17217	-5,39E-03 -3,71E-03	-0,15827 -0,15725	-0,14748 -0,14635
12. Zigomatik proses	-1,9319 -1,9343	1,5609 1,5582	-3,33E-02 -3,49E-02	0,17242 0,16937	0,23019 0,22924	0,54154 0,55659
13. Nasion	-0,36868 -0,38112	-0,36868 -0,38112	0,41190 0,40495	0,41190 0,40495	-0,50589 -0,50105	-0,50589 -0,50105
14. ANS	-----	1,7551 1,7461	-----	-0,17568 -0,17677	-----	-0,59011 -0,59819
15. A noktası	-----	1,9756 1,9711	-----	-0,18731 -0,18820	-----	-0,62696 -0,63589
16. Kesici Bölgesi	-----	2,1127 2,1108	-----	-0,21119 -0,21120	-----	-0,65373 -0,66322
17. Kanin Bölgesi	-2,0377 -2,0374	2,0933 2,092	2,40E-02 2,30E-02	-2,12E-02 -2,15E-02	-1,59E-02 -1,43E-02	-2,11E-02 -2,09E-02
18. Premolar bölgesi	-2,0646 -2,0640	1,9518 1,9499	-1,15E-02 -1,27E-02	-1,02E-02 -1,10E-02	0,10453 0,10484	7,11E-02 7,37E-02
19. Molar Bölgesi	-2,0707 -2,0706	1,7421 1,741	-2,52E-02 -2,63E-02	-1,84E-02 -1,80E-02	0,14405 0,14339	0,47598 0,48686
20. Retromolar Bölge	-2,043 -2,0449	1,3845 1,3825	1,14E-02 9,89E-03	6,11E-02 5,55E-02	8,27E-02 8,26E-02	0,44549 0,45503 0,46728
21. Kesici diş insizal kenarı	-----	2,471 2,4766	-----	-0,30861 -0,30957	-----	-0,94129 -0,95616
22. Kanin tüberkülü	-2,2693 -2,2683	2,3478 2,3432	3,39E-02 3,38E-02	6,67E-02 6,67E-02	-0,10312 -0,10218	-9,77E-02 -9,89E-02
23. Premolar tüberkülü	-2,1001 -2,0994	2,0981 2,0958	1,66E-03 2,20E-03	2,46E-03 2,67E-03	-4,08E-03 -4,56E-03	-1,85E-02 -1,73E-02
24. Molar tüberkülü	-2,2376 -2,2373	2,0804 2,0843	-2,06E-02 -2,04E-02	-2,03E-02 -2,02E-02	2,25E-02 2,22E-02	0,16351 0,16706

5. TARTIŞMA

5.1. Amacın Değerlendirilmesi

Dudak damak yarıkları kraniyofasiyal gelişimi çok yönlü olarak etkilemekte ve maksillada transversal, sagittal ve vertikal yönde gelişim geriliğine sebep olmaktadır (110, 147, 174). Transversal yöndeki maksillalar darlık klinikte tek ya da çift taraflı posterior çapraz kapanış olarak karşımıza çıkarken tedavisinde üst çene genişletme apareyleri kullanılmaktadır (10). Sagittal yöndeki maksiller geriliğin düzeltilmesinde ise maksiller protraksiyon tedavisi uygulanmaktadır. 1970 yılında Delaire (35) tarafından tanıtılan yüz maskesi dudak damak yarıklı bireylerin tedavisi için de yeni bir alternatif olmuş ve maksiller protraksiyon amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanılmıştır. Dudak damak yarıklı bireylerde kemik yapıdaki bütünlüğün sağlanması ve alveolar yarıkların onarımı için alveolar kemik greftlemesi yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Alveolar kemik greftinin zamanlaması ile ilgili literatürde farklı görüşler olmasına rağmen en sık tercih edileni daimi kanin dişinin erüpsiyonundan önceki zamana denk gelen sekonder kemik greftlemesidir (13, 64, 160, 170). Ancak sekonder kemik greftlemesinin maksiller genişletmeden önce veya sonra yapılması ile ilgili farklı görüşler bulunmaktadır (160).

Ortodontik kuvvetlerin dişler, destek dokular ve kraniyofasiyal sistem üzerine etkilerini inceleyen bir çok analiz yöntemi bulunmasına karşın sonlu elemanlar analizi doğruluğu kanıtlanmış güvenilir bir matematiksel model olarak sıklıkla kullanılmaktadır (57). Maksillofasiyal komplekse ait yapılar uygun malzeme özellikleri belirlenerek simüle edilebilmekte, kuvvetin yeri, büyüklüğü ve yönü klinik durumu taklit etmek için kolaylıkla değiştirilebilip tekrarlanabilmektedir (94). Sonlu elemanlar analizinde kullanılan model, çözümü zorlaştıracak gereksiz ayrıntıları içermemeli ancak gerçek yapıyı doğru bir şekilde tanımlayabilmelidir (77). Çalışmamızda analiz yöntemi olarak sonlu elemanlar analizi tercih edilmiş, dudak damak yarıklı 13 yaşındaki bir erkek hastaya ait dental volümetrik tomografi görüntüsü üzerinden modelleme yapılmış, analiz süresini uzatmaması ve çözümü zorlaştırmaması için mandibula ve servikal vertebralar modelden ayrıştırılmıştır.

Yapılan literatür incelemesinde normal büyüme gelişim gösteren bireylerde maksiller genişletme ve protraksiyon uygulamalarının dental ve iskeletsel yapılar üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmalara sıklıkla rastlanılmasına rağmen (55, 70, 155, 157) dudak damak yarığı görülen bireylerde bu uygulamaların etkisinin sonlu elemanlar analizi ile incelendiği sınırlı sayıda çalışma olduğu, alveolar kemik grefti uygulamasının bu kuvvetler üzerindeki etkinliği ile net bir bilgi olmadığı görülmüştür (183). Bu çalışmada tek taraflı dudak damak yarığı anomalisinde maksiller protraksiyon ve genişletme tedavilerinin klinikte farklı sıralamayla ve alveolar kemik greftinden önce ve sonra uygulanmasının etkilerinin sonlu elemanlar analizi ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

5.2. Gereç ve Yöntemin Değerlendirilmesi

5.2.1. Uygulanan Ortopedik Kuvvetlerin Değerlendirilmesi

Maksiller protraksiyonun değerlendirildiği çalışmalardaki temel konulardan biri kuvvetin uygulama yeri ve yönüdür. Yüz maskesi uygulamasında hedef maksillanın öne doğru hareketini sağlamaktır. Ancak bununla beraber görülen maksillanın saat yönünün tersine olan rotasyonu genellikle istenmemektedir. Nanda ve Hickory (126) maksillaya oklüzal seviyeden uygulanan protraksiyon kuvvetinin maksillanın ileri ve yukarı rotasyonuna neden olduğunu bildirmektedir. Maksillanın saat yönünün tersine olan rotasyonunu önlemede protraksiyon kuvvetinin oklüzal düzlem ile 15-30° açı yapacak şekilde öne ve aşağı doğru yönlendirilmesi gerektiği bildirilmiştir (25, 55, 93, 125, 155, 184). Hickham (67), Mermigos ve ark. (113) protraksiyon kuvvetini kanin bölgesinden; Spolyar (149) premolar bölgesinden uygulayarak saat yönünün tersine olan rotasyonu azaltmayı hedeflemiştir. Kambara (85) kuvvetin uygulama noktası anteriora yaklaştıkça oluşan rotasyonun engelleneceğini ve maksillanın ileri hareketinin artacağını belirtmiştir. Literatürde protraksiyon amacıyla her bir tarafta 300-800 gr olmak üzere farklı büyüklükte kuvvetler uygulanmıştır (8, 52, 128, 136, 144, 168).

Bu bilgiler ışığında çalışmamızda kanin dişi hizasından ve oklüzal düzlem ile 30° açı yapacak şekilde, sağda ve solda 500'er g olmak üzere toplam 1000 g protraksiyon kuvveti uygulanmıştır.

Maksiller genişletme amacıyla literatürde Haas, Hyrax, Bonded RPE, Fan-Type ekspansiyon apareyleri, Quad Helix, W apareyi, Porter ekspansiyon apareyi, Ni-Ti Palatal Expander, Coffin Spring, magnetli ekspansiyon apareyi gibi apareyler kullanılmıştır (2, 4, 14, 68, 103, 153). Hino ve ark. (69), 2013 yılında yayınladıkları klinik çalışmalarında diş destekli maksiller genişletme apareyi ile protraksiyon uygulamasında Hyrax apareyinin vestibülüne ilave ettikleri bar uzantısından protraksiyon kuvvetini uygulamışlardır. Çalışmamızda benzer şekilde maksiller genişletme simülasyonu amacıyla Hyrax tipi genişletme apareyi dizayn edilmiştir. Protraksiyon kuvvetinin uygulanması amacıyla premolar ve molar bantları vestibül tarafta bir bar aracılığıyla birbirine bağlanmış ve premolar dişin mezialinden uzanan çengel aracılığı ile kuvvetin kanin dişinin apikalinden uygulanması hedeflenmiştir.

Gautam ve ark. (55) maksiller genişletmenin biyomekanik etkilerini incelediklerini çalışmalarında midpalatal suturun etrafında birinci molar bölgesine 2'şer mm'lik yer değişimi simülasyonu yaparak ortaya çıkan yer değişimi ve gerilme değerlerini incelemişlerdir. Holberg ve ark. (71), 2007 yılında yayınladıkları çalışmalarında maksiller ekspansiyonun simülasyonu amacıyla Quad Heliks apareyi üzerinden toplamda 2 N'luk kuvvet uygulamışlardır. Zhang ve ark (185), dudak damak yarığı anomalisinde maksiller genişletmenin simülasyonu amacıyla birinci molar ve birinci premolar dişlerin lingual yüzeylerine, her bir yükleme noktasında 2.45 N olacak şekilde kuvvet uygulamışlardır. Bu çalışmada Hyrax vidası üzerinden toplamda 5 mm'lik genişletme simülasyonu yapılarak yer değiştirme değerleri incelenmiş, vidanın 2 tur çevrilmesini sonucu 0.4 mm'lik aktivasyonda oluşan Von Mises gerilme değerleri incelenmiştir.

Alveolar kemik grefti; maksiller arkın devamlılığını ve stabilizasyonunu sağlaması, oronazal fistülleri kapatması, yarık alanına diş sürmesini kolaylaştırması, alar taban için destek sağlaması ve nazal simetriyi güçlendirmesi gibi etkileri nedeniyle dudak damak yarıklı bireylerin tedavilerinde ortodontik tedaviye yardımcı olarak uygulanan bir prosedürdür (9). Kim ve ark. (92) 2008 yılında yayınladıkları çalışmalarında alveolar kemik greftinin uygulandıktan sonra 1 yıl içerisinde 1/3 oranında rezorpsiyona uğradığını ve bu rezorpsiyonun sıklıkla frontal kesitte alveol kretinden başlayacak şekilde görüldüğünü bildirmişlerdir. Feichtinger ve ark. (46) 2007 yılında yayınladıkları çalışmalarında 3 boyutlu bilgisayarlı tomografi görüntüleri

üzerinden alveolar kemik greftinde meydana gelen rezorpsiyonu değerlendirmişler ve 1 yılın sonunda %49'luk kemik kaybı meydana geldiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda alveolar kemik grefti yarık olmayan tarafın ayna görüntüsü alınarak oluşturulmuş ve klinik durumu yansıtması açısından vertikal yüksekliği alveol kretinden itibaren %30 oranında azaltılarak rezorpsiyon simüle edilmiştir.

5.2.2. Eleman Sayısı, Tipi ve Malzeme Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Sonlu elemanlar analizinde elde edilen sonuçların gerçeğe yakın çıkması modelin detaylandırılmasına bağlıdır. Bir sonlu eleman modelinde kullanılan eleman sayısının ve düğüm noktasının yüksek olması o modelden elde edilecek verilerin daha hassas ve gerçekçi olmasını sağlamaktadır. Ancak eleman sayısının artırılması analiz süresini uzatmaktadır.

Tanne ve ark. (155), 1989 yılında yayınladıkları çalışmalarında 2918 düğüm noktası, 1776 eleman kullanarak kafatası ve maksillayı modellemişlerdir. İşeri ve ark. (79), 1994 yılında yayınladıkları çalışmalarında benzer modelleme için 2120 düğüm noktası, 2270 eleman kullanmışlardır. Yu ve ark. (184), 2007 yılındaki çalışmalarında 71714 düğüm noktası, 22236 eleman; Holberg ve ark. (72), 2007 yılındaki çalışmalarında 97550 düğüm noktası, 53555 eleman; Gautam ve ark. (55), 2009 yılında yayınladıkları çalışmalarında 193633 düğüm noktası, 108799 eleman; 2011 yılında yayınladıkları çalışmalarında (54) ise 131029 eleman kullanarak kafatası ve maksillayı modellemişlerdir.

Çalışmamızda tek taraflı dudak damak yarıklı bireye ait kafatası modelinin oluşturulmasında 5080289 düğüm noktası ve 3298288 eleman kullanılmıştır. Kullanılan düğüm noktası ve eleman sayısının diğer çalışmalar ile kıyaslandığında oldukça yüksek olması modelin daha hassas ölçümleri gerçekleştirebilmesini ve daha kapsamlı ve gerçeğe yakın sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

Ağ yapıyı oluşturan eleman tipleri tek, iki ya da üç boyutlu olabilmektedir. Ancak tek ve iki boyutlu olanlar kompleks vücut geometrisini ve biyolojik dokuların gerçekliğini yansıtmada yetersiz kalmaktadır. Yapılan literatür incelemesinde günümüzde yapılan çalışmalarda 10 düğüm noktalı, tetrahedral yapıli elemanların tercih edildiği görülmektedir (41, 54, 72, 184). Çalışmamızda tek taraflı dudak damak yarıklı

bireye ait kafatası modeli 10 düğüm noktasına (nod) ve her bir noktada 3 olmak üzere toplam 30 serbestlik derecesine sahip 4 yüzlü (tetrahedron) yapıda elemanlardan elde edilmiştir.

Sonlu elemanlar analizinde modelleme aşamasında materyale ait fiziksel özelliklerin programa girilmesi gereklidir (87). Bu özellikler canlı dokuda lineer elastik değildir, daha dinamik özelliklere sahiptir ve bireysel farklılıklara açıktır. Oldukça komplike olan bu materyal özelliklerinin tümünün sonlu eleman modeline eklenmesi mümkün olmamakta ve buna bağlı olarak gerçek durum biraz daha basitleştirilmektedir. Yapılan çalışmalarda sonlu eleman modeli oluşturulurken bu yapılara ait Young modülü ve Poisson oranını içeren malzeme özellikleri lineer elastik, homojen ve izotropik kabul edilerek belirlenmektedir (57, 72, 79, 94, 132, 184). Çalışmamızda da Young modülü ve Poisson oranı değerleri ilgili literatürler referans alınarak Tablo 3-1’de gösterildiği gibi tanımlanmıştır.

Literatürde yer alan kafatasının modellendiği ve kraniyofasiyal iskelette oluşan değişikliklerin sonlu elemanlar analizi ile incelendiği çalışmalarda sınır koşulları foramen magnum bölgesinde belirlenerek bu bölgede sıfır rotasyon ve sıfır yer değiştirme değerleri tanımlanırken; yüz maskesi simülasyonu yapılan çalışmalarda aynı zamanda kafatasının üst kenarında veya frontal kemikte bu değerler tanımlanmıştır (41, 53, 54, 72, 79, 155, 183, 184). Çalışmamızda da sınır koşulları foramen magnum bölgesinde ve kafatasının üst kenarında sıfır rotasyon ve sıfır yer değiştirme olarak uygulanmıştır.

5.3. Bulguların Değerlendirilmesi

Sonlu elemanlar analizi ile yapılan çalışmalarda incelenen bölgelerde farklı büyüklükte gerilme ve yer değişimi değerleri görülebilmektedir. Bu durum çalışmalarda kullanılan farklı materyal özellikleri, farklı eleman ve düğüm sayıları, farklı kuvvet değerleri gibi faktörlere bağlı olarak meydana gelmektedir. Bu nedenle çalışmalar karşılaştırılırken değerlerin büyüklükleri değil dağılımları ve karakteri göz önünde bulundurulmalıdır.

Sonlu elemanlar analizinde değerlendirilen iki tip gerilme vardır. Von Mises değerleri meydana gelen gerilmelerin yoğunluğunu ve dağılımını gösterirken, asal

gerilmeler oluşan bu gerilmenin karakterini göstererek basma ya da çekme tipi gerilme olduğu hakkında bilgi verir (151). Bizim çalışmamızda stres dağılımlarına ilaveten 3 düzlemde görülen yer değiştirme değerleri incelenmiş olup tüm bu verilerin yorumlanmasını kolaylaştırmak açısından gerilme değerleri içerisinde yalnızca von Mises gerilmeleri incelenmiştir.

5.3.1. Von Mises Gerilme Dağılımlarının Değerlendirilmesi

Frost mekanostat teorisinde 20 MPa'nın eşik düzey olduğunu ve bu değeri geçen kuvvetlerin kemikte iskeletsel etki meydana getirdiğini, 0.5-20 MPa arasındaki gerilmelerin fizyolojik kemik gerilmeleri olarak değerlendirildiğini, 0.5 MPa'nın altındaki değerlerde ise 'fonksiyonsuzluk atrofisi' meydana geldiğini bildirmiştir (49, 50). Çalışmamızda sonlu elemanlar analizinin bir dezavantajı olarak uygulanan protraksiyon kuvvetinin klinik durumda olduğu gibi zamana bağlı değişimi göstermemesi nispeten daha düşük gerilme değerlerinin oluşmasına neden olsa da özellikle en yüksek gerilme değerlerinin görüldüğü suturalardaki değerlerin fizyolojik değer olan 0.5-20 MPa aralığında olduğu görülmektedir.

Maksiller protraksiyon tedavisinin ana prensibi kraniyomaksiller suturalara gerilme kuvveti uygulamak ve bu şekilde suturalar etrafında kemik apozisyonunu stimüle etmektir. Yapılan pek çok hayvan deneyi protraksiyon apareyi ile uygulanan kontrollü kuvvetin maksiller kompleksteki suturalara etki ederek kemik formasyonu meydana getirdiğini ve anterior yönde hareket oluşturduğunu göstermiştir (36, 85).

Turley (168), üst çene genişletmesinin maksillayı disartikülasyona uğratarak sirkumaksiller suturalarda hücrel yanıtı başlattığını ve bu şekilde protraksiyon kuvvetine karşı daha pozitif yanıt meydana geldiğini bildirmiştir. Melsen (111) histolojik inceleme yaptığı çalışmasında üst çene genişletmesine karşı oluşan bu artmış hücrel yanıtı doğrulamıştır. Benzer şekilde Bell (11), maksillada, kraniyofasiyal kompleksteki 9 kemikle birleştiren suturalarda hızlı üst çene genişletmesi ile elde edilen serbestleme sayesinde protraksiyon kuvvetlerine verilen yanıtın arttığını bildirmiştir.

Çalışmamızda von Mises gerilme değerleri gruplar arasında değerlendirildiğinde maksiller genişletme ile beraber protraksiyon kuvvetinin uygulandığı III. ve IV. modellerde ortaya çıkan gerilme değerlerinin tek başına protraksiyon kuvveti uygulanan

I. ve II. modellere göre belirgin bir şekilde yüksek olduğu görülmektedir. Sutural stresin daha fazla olması ortopedik kuvvetin daha etkili bir şekilde suturalara transfer edildiğini ve bu şekilde maksiller protraksiyonun ortopedik etkinliğinin arttığını göstermektedir. Bu sonuçlar Gautham ve ark. (55), Hino ve ark. (69), Zhang ve ark.'nın (185) çalışmalarının bulguları ile uyumludur.

Yan ve ark. (182), infrazigomatik butres bölgesinden iskeletsel destekli ve maksiller birinci molar dişlerinden dişsel destekli olarak uyguladıkları maksiller protraksiyonu sonlu elemanlar analizi ile inceledikleri çalışmalarında iskeletsel destekli apareyde maksillanın posteriorunda yer alan zigomatikomaksiller, zigomatikotemporal ve pterygopalatin suturalardaki gerilme değerlerinin dişsel destekli olana göre daha fazla olduğunu, nasion ve burun kanadı çevresinde ise dişsel desteklideki gerilme değerlerinin daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Bu durumun seçilen aparey tipi ile protraksiyon kuvvetine karşı oluşan stres dağılımının etkilenmesinden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Gautam ve ark. (55), tek başına ve maksiller genişletme ile beraber maksiller protraksiyon uyguladıkları sonlu elemanlar analizi çalışmalarında en yüksek von Mises gerilme değerlerinin sadece protraksiyon yapılan modelde sırasıyla sfenozigomatik, zigomatikomaksiller ve zigomatikotemporal suturalarda; maksiller genişletme ile beraber protraksiyon uygulanan modelde ise yine sırasıyla nazomaksiller, frontonazal ve frontomaksiller suturalarda görüldüğünü bildirmişlerdir. Pterygomaksiller bölgede de yüksek gerilme değerlerinin oluştuğunu belirtmişlerdir.

Yang ve ark. (183), dudak damak yarığı anomalisinde maksiller protraksiyonun yarık tipine, alveolar kemik grefti varlığına ve ankraj tipine göre etkilerini değerlendirdikleri sonlu elemanlar analizi çalışmalarında tek taraflı dudak damak yarığı anomalisinde en yüksek von Mises gerilme değerlerinin nazomaksiller, zigomatikomaksiller ve pterygopalatin suturalarda olduğunu bildirmişlerdir. Bu gruplarda gerilme değerlerinin nazomaksiller suturada alveolar kemik greftinden sonra azaldığı, zigomatikomaksiller suturada ve pterygopalatin suturada yarık tarafında artarken yarık bulunmayan tarafta azaldığı görülmektedir.

Yu ve ark (184), maksiller protraksiyonu üst çene genişletmesi ile beraber ve tek başına uyguladıkları sonlu elemanlar analizi çalışmalarında maksilla ile zigomatik kemik arasında yüksek çekme gerilmesi görüldüğünü, özellikle de zigomatikomaksiller

suturada en yüksek gerilme değerlerinin oluştuğunu bildirmişlerdir. Bununla beraber zigomatikotemporal, nazomaksiller, frontonazal suturalar da da belirgin gerilme değerleri tespit edildiğini bildirmişlerdir.

Çalışmamızda en yüksek von Mises gerilme değerleri I. ve II. modellerde yarık tarafında zigomatikofrontal, internazal ve pterygopalatin, yarık bulunmayan taraflarda zigomatikomaksiller, internazal ve pterygopalatin suturalarda görülmüştür. III. ve IV. modellerde ise yarık tarafında pterygopalatin, nazomaksiller ve zigomatikofrontal, yarık bulunmayan tarafta ise internazal, nazomaksiller ve zigomatikomaksiller suturalarda en yüksek von Mises gerilme değerleri bulunmuştur. Literatürde incelenen protraksiyon kuvvetinin üst çene genişletmesi ile beraber veya tek başına uygulandığı çalışmaların birçoğunda (147,108,173,106) analizi yapılan modeller normal iskeletsel yapıya sahip olup, bu modellerde midpalatal suturda kaynaşma görülmektedir. Çalışmamızda incelenen dudak damak yarığı anomalisinde midpalatal sutur varolmadığından dolayı ortaya çıkan gerilme dağılımlarında farklılıklar görülmesi beklenen bir durumdur.

Çalışmamızda incelenen suturalar genel olarak değerlendirildiğinde en yüksek von Mises gerilme değeri II. modelde yarık tarafındaki zigomatikofrontal suturada; I., III. ve IV. modellerde ise yine yarık tarafındaki pterygopalatin suturada görülmüştür. Pterygopalatin suturadaki yüksek gerilme değerleri palatal kemiğin pterygoid prostesten disartikülasyonunu göstermektedir. Tanne ve Sakuda (106), çalışmalarında pterygoid prostesteki çekme gerilmesinin oldukça yüksek olduğunu ve bunun maksilla ile pterygoid prosesin pterygomaksiller fissür boyunca ayrılmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Chen ve ark. (23), tek taraflı dudak damak yarığı anomalisinde asimetrik protraksiyon kuvveti uyguladıkları sonlu elemanlar analizi çalışmalarında tüm gruplarda en yüksek gerilme değerinin pterygomaksillar suturada olduğunu bildirmişlerdir. Bu durumun gerilmelerin büyük oranda molar dişinin lingual kökü çevresinde yoğunlaştığının bir göstergesi olduğunu ve sutural stresin genellikle maksiller bölgede yoğunlaşmasının avantajlı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda tüm gruplarda pterygopalatin suturada görülen yüksek gerilme değerlerinin yarık tarafında daha fazla olması bu bölgede anteriorda kemiksel bütünlüğün bulunmamasından dolayı maksillanın posterioruna iletilen stres miktarının daha fazla olduğunu düşündürmektedir.

Çalışmamızda von Mises gerilme değerleri alveolar kemik greftinin varlığına göre değerlendirildiğinde sadece protraksiyon kuvveti uygulanan I. modeldeki gerilme değerlerinin alveolar kemik grefti sonrası protraksiyon kuvveti uygulanan II. modele göre daha fazla olduğu görülmektedir. Benzer şekilde genişletme ve protraksiyon kuvveti uygulanan III. modeldeki gerilme değerleri alveolar kemik greftli IV. modelden daha fazladır. Bu durum sutural stresin alveolar kemik grefti varlığında azaldığını göstermektedir.

Çalışmamızda von Mises gerilme değerleri dentoalveolar olarak değerlendirildiğinde; gerilme değerlerinin genişletme uygulanmış III. ve IV. modellerde genel olarak artarken; bu artışın molar ve premolar dişlerinde daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum genişletme amacıyla molar ve premolar dişlerinden destek alan Hyrax apareyinin kullanılmasına bağlı olarak görülmektedir. Yapılan çalışmalarda iskeletsel destekli protraksiyon ve genişletme uygulamalarında dişsel destekli olanlara göre ortopedik etkinin daha fazla olduğu ve dişsel yan etkilerin azaldığı bildirilmektedir (107, 145, 182, 183). İskeletsel destekli uygulamalarda ortopedik etkinin arttığı bilinmesine rağmen, çalışmamızda protraksiyon ile birlikte alveolar kemik grefti ve genişletme uygulamalarının etkinlikleri değerlendirilirken iskeletsel destekli genişletme ve protraksiyon apareyi simülasyonuna yer verilmemiştir. İskeletsel ankraj ünitelerinin protraksiyon amacıyla kullanıldığı klinik çalışmalarda apertura priformis bölgesinde nazal duvara yerleştirilen miniplaklardan destek alınmaktadır (97). Dudak damak yarığı anomalisinde ise yarık alanındaki mevcut deformite iskeletsel ankraj ünitelerinin uygulanmasını ve ağızda taşınmasını zorlaştırmaktadır. Ayrıca bu çocuklarda hem alveolar kemik grefti uygulamaları hem de yumuşak doku onarımları nedeniyle geçirilen cerrahi operasyonlar sayıca oldukça fazladır. Bu nedenlerle bu çocuklarda genişletme ve protraksiyon uygulamaları esnasında daha konservatif ve geleneksel yöntemler tercih edilmektedir.

Çalışmamızda yarık bulunan taraftaki kesici diş insizal kenarı ve kesici diş bölgesi değerlendirmeye katılmamıştır. Yarık bulunmayan tarafta bu bölgelerdeki gerilme değerlerinin posteriorda kalan diğer dentoalveolar noktalara göre oldukça düşük olduğu görülmektedir. Benzer şekilde A noktası ve anterior nazal spinada da (ANS) düşük von Mises gerilme değerleri bulunmuştur. Gerilme değerlerinin anteriorda daha

az olması kuvvetin molar ve premolar dişlerinden destek alan aparey ile kanin dişinin apikaline yakın bir noktadan uygulanmasına bağlıdır.

Çalışmamızda genişletme uygulanan III. ve IV. modellerde zigomatik proseste ve lateral nazal duvardaki gerilme değerleri belirgin artış göstermiştir. Bu artış zigomatik proseste yarık olan tarafta daha fazla iken; lateral nazal duvarda yarık bulunmayan tarafta daha fazladır. Bu durum yarık tarafında pretygopalatin suturada da görüldüğü gibi streslerin daha çok posteriora iletildiğini, yarık olmayan tarafta ise nazal bölgede yoğunluk kazandığını göstermektedir.

5.3.2. Yer Değiştirme Dağılımlarının Değerlendirilmesi

Üst çenede genişletme ve protraksiyon uygulamalarının sonlu elemanlar analizi ile incelendiği çalışmaların bir kısmı yalnızca stres dağılımlarını incelerken (54, 55, 87, 157) bir kısmında bizim çalışmamızda olduğu gibi yer değiştirme değerleri de incelenmiştir (81, 132, 133, 183-185). Yer değiştirme değerleri incelenirken elde edilen bulgulardan biri kuvvet sonrası maksillada görülen rotasyon hareketinin karakteridir.

Tanne ve ark. (159), yaptıkları sonlu elemanlar analizi çalışmalarında nazomaksiller kompleksin direnç merkezinin pterygomaksiller fissürün süperoposterior kenarında yer aldığını bildirmişlerdir. Uygulanan protraksiyon kuvveti nazomaksiller kompleksin direnç merkezine yakın doğrultuda geçtiğinde maksillada paralele yakın hareket gözlenirken, kuvvetin doğrultusunun direnç merkezinin altından geçmesi sonucunda maksillada saat yönünün tersine rotasyon gerçekleşmektedir.

Katada ve ark. (88), maksillaya birinci molar dişleri üzerinden oklüzal düzlem ile paralel olarak toplamda 1000 g kuvvet uyguladıkları sonlu elemanlar analizi çalışmalarında maksillada ve palatal düzlemde saat yönünün tersine rotasyon meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Tanne ve ark. (155), maksillaya birinci molar dişleri üzerinden toplamda 1000 g'lık kuvveti oklüzal düzlemde hem aşağı hem de yukarı doğru 0-90° aralığında değişen açılarda uyguladıkları sonlu elemanlar analizi çalışmalarında meydana gelen saat yönünün tersine olan rotasyonun maksillaya aşağı yönde 30°'lik kuvvet uygulandığında engellendiğini ve kraniyofasiyal kompleksin neredeyse translatif bir hareket gerçekleştirdiğini bildirmişlerdir.

Gautam ve ark. (53), kanin bölgesinden 30° açı ile 1000 g protraksiyon kuvveti uyguladıkları sonlu elemanlar analizi çalışmalarında maksillada saat yönünün tersine rotasyon görüldüğünü ancak 2 mm'lik maksiller genişletme simülasyonu sonrası aynı kuvvet uygulandığında maksillanın normal büyüme doğrultusuna yakın hareket ettiğini bildirmişlerdir.

Lee ve Baek (100), apertura piriformis bölgesine ve infrazigomatik bölgeye miniplaklar uygulayarak maksiller protraksiyonu simüle ettikleri çalışmalarında kuvvet apertura piriformis bölgesinden uygulandığında maksillada saat yönünde, infrazigomatik bölgeden uygulandığında ise saat yönünün tersi yönde hareket meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Keleş ve ark. (89), klinik çalışmalarında maksiller genişletme sonrası oklüzal düzlemin 20 mm üzerinden uyguladıkları ekstraoral protraksiyon kuvveti ile maksillada rotasyon görülmeden öne doğru hareket kaydedildiğini bildirmişlerdir. Bu methodu anterior openbite görülen sınıf III hastalarda önermişlerdir. Maksiller genişletme ile beraber protraksiyon uygulaması ön açık kapanış eğilimi olan sınıf III hastalarda önerilmesine karşın bu uygulama ile mandibulada görülen aşağı ve arkaya doğru rotasyon nedeniyle vertikal boyutları kontrol etmenin güç olduğu bildirilmiştir (183, 184).

Yang ve ark. (183), farklı dudak damak yarığı tiplerinde protaksiyonun etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında kuvvetlerin 30°'lik açı ile uygulanmasına rağmen saat yönünün tersine olan rotasyona yatkınlıktan dolayı modellerin büyük çoğunluğunda vertikal eksen üzerinde bir miktar yukarı hareket gözlemlendiğini, ancak çift taraflı dudak damak yarığı modelinde premaksilla bölgesinde aşağı yönde hareket görüldüğünü bildirmişlerdir.

Çalışmamızda premolar dişten uzanan çengel yardımı ile kanin dişinin apikalinden protraksiyon kuvveti uygulanmıştır. Çalışmamızda yalnızca protraksiyon kuvveti uygulanan I. modelde vertikal düzlem üzerinde nazal bölgedeki suturalarda, ANS'de, A noktasında, yarık tarafındaki lateral nazal duvarda, yarık tarafındaki kanin bölgesi ile kanin dişin tüberkülünde superior yönde hareket görülmüştür. Antero-posterior düzlem üzerinde ise nazal bölgedeki suturalarda az miktarda posterior yönde hareket gözlenmiştir. Yalnızca protraksiyon kuvveti uygulanan alveolar kemik greftli II. model değerlendirildiğinde vertikal düzlem üzerinde nazal bölgedeki suturalarda, A

noktasında, ANS’de, her iki taraftaki lateral nazal duvarda, her iki taraftaki kesici, kanin bölgeleri ile kesici, kanin ve premolar dişlerinde superior yönde hareket gözlenmiştir. Antero-posterior düzlemde de nazal bölgede düşük miktarda posterior yönde hareket görülmüştür. Bu bulgular çalışmamızda protraksiyon kuvveti sonucunda saat yönünün tersine rotasyon görüldüğünü, alveolar kemik grefti uygulaması sonrasında da anterior dentoalveolar bölgede yarık bulunan ve bulunmayan tarafların daha simetrik hareket ettiğini göstermektedir.

Maksiller genişletmenin uygulandığı çalışmalar değerlendirildiğinde ise Pan ve ark. (133) dudak damak yarığı anomalisinde üst çene genişletmesi sonucunda maksillanın ön bölgesinde aşağı yönlü hareket gözlendiğini bildirmişlerdir. Wang ve ark. (176) da benzer bir çalışmada maksillanın anterior kısmında, anterior dentoalveolar bölgede ve kraniyofasiyal kompleksin orta kısımlarında aşağı yönde hareket gözlemlemişlerdir. Gautam ve ark. (54), 2011 yılında yayınladıkları üst çene genişletmesinin sonlu elemanlar analizi ile değerlendirildiği çalışmalarında da maksillanın anterior yapılarında anterior ve inferior yönlü hareket gözlemlemişlerdir.

Çalışmamızda maksiller genişletme ve sonrasında protraksiyon kuvveti uygulanan III. ve IV. modellerdeki meydana gelen rotasyon değerlendirildiğinde: genişletme sonrasında nazal bölgedeki suturalarda inferior, lateralde yer alan suturalarda superior yönlü hareket gözlenirken; antero-posterior düzlemde de anteriordaki dentoalveolar bölgeler dışında genel olarak posterior yönlü hareket gözlenmiştir. Bu durum genişletme sonrası saat yönünde rotasyon meydana geldiğini göstermektedir. Genişletme sonrasında protraksiyon kuvveti uygulandığında genişletmenin etkisine bağlı olarak üst çenede daha translatif hareket gözlenmiştir.

Kapust ve ark (86) sefalometrik röntgen üzerindeki değerlendirmelerinde erken karışık dişlenme döneminde genişletme ve protraksiyon tedavisi uygulanan sınıf III bireylerde ANS, PNS, A noktası ve maksiller dentisyonda ileri hareket görüldüğünü bildirmişlerdir. Maksillanın anterior yapılarında görülen öne doğru hareket protraksiyon ile beraber genişletme tedavisi uygulandığında artmakta ve bu ortopedik etki maksillanın öne ve aşağı doğru olan normal büyüme gelişim doğrultusuna daha yakın bir hareketi sağlamaktadır (42).

Normal gelişim gösteren iskeletsel yapılarda protraksiyon kuvvetine karşı yer değiştirme dağılımlarının sonlu elemanlar analizi ile incelendiği çalışmalara

bakıldığında; Gautam ve ark. (53), tek başına yüz maskesi uygulamasında maksillanın anterior bölgesinde daralma şeklinde yer değişimi görüldüğünü bildirmişlerdir. Ancak genişletme uygulandığında meydana gelen anterioposterior ve süperoinferior doğrultuda kama şeklindeki açılmanın protraksiyonun anteriorda daralma yönündeki yan etkisini azalttığını belirtmişlerdir. Kraniyofasiyal komplekste ortaya çıkan yer değişimi miktarının yalnızca protraksiyon uygulanan gruba göre belirgin şekilde fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Zhang ve ark. (185), tek taraflı dudak damak yarığı anomalisinde protraksiyon uygulaması sonrası yer değiştirme dağılımını değerlendirdikleri sonlu eleman analizi çalışmalarında değişen açılarda protraksiyon kuvveti uygulamışlardır. Tüm gruplarda maksillada öne doğru hareket görülürken, -10° açı ile kuvvet uygulanan grupta sagittal yer değişimi miktarı en fazladır. Bununla beraber saat yönünün tersine olan rotasyon da belirgindir. Bu nedenle bu yükleme koşulunu derin kapanışlı maksiller yetersizlik vakalarında önermişlerdir. Maksiller genişletme ile beraber protraksiyon uygulanan grupta hareket miktarı artmıştır. Yalnızca protraksiyon uygulanan gruplarda dental arkta daralma görülürken genişletme sonrası bu durum önlenmiştir.

Çalışmamızda her üç düzlemde de meydana gelen yer değişimi değerleri incelenmiştir. Transversal düzlem üzerinde, yalnızca protraksiyon kuvveti uygulanan I. modelde maksiller arkta her iki tarafta da daralma yönünde hareket gözlenmiştir. Daralma miktarı yarık tarafındaki kanin bölgesinde ve kanin dişin tüberkülünde daha fazla iken bu değişim posteriora doğru azalma eğilimindedir. Yarık bulunmayan tarafta ise daha az miktarda daralma görülmüştür. II. modelde ise benzer şekilde her iki tarafta da daralma görüldüğü ancak bu daralma miktarının alveolar kemik greftinin etkisine bağlı olarak yarık bulunan tarafta I. modeldekine göre azaldığı gözlenmiştir.

Çalışmamızda protraksiyon simülasyonunun sonuçları 500 gr'lık kuvvetin anlık uygulanması sonrasındaki dağılımı gösterdiğinden oldukça düşük düzeylerde yer değişimi değerleri görülmüştür. Sonlu elemanlar analizinde sürenin arttırılmasıyla bu değerler lineer bir dağılım göstereceğinden meydana gelen değerlerin büyüklükleri değil, birbirleri arasındaki dağılımı ve yönü önemlidir. Benzer şekilde 5 mm lik açılma simülasyonu sonrasında protraksiyon kuvveti uygulandığında da protraksiyon kuvvetinin tek başına meydana getirdiği yer değişimi değerleri genişlemeye bağlı

değişimlerden maskelenmiştir. Ancak benzer şekilde bu simülasyonlarda da gerilme dağılımlarının ve yer değişimlerinin karakteri önemlidir.

Transversal düzlemde III. ve IV. modellerde genişletme sonrası yer değişimi değerlendirildiğinde; her iki modelde de kemik defekti bölgesinde ayrılmanın meydana geldiği, genişleme miktarının her iki modelde de yarık tarafında daha fazla olduğu ancak bu farkın alveolar kemik greftli IV. modelde yarık bulunan ve bulunmayan taraflar arasında daha simetrik dağılım gösterdiği gözlenmiştir. Genişletme sonrası protraksiyon kuvveti uygulandığında ise I. ve II. modellerde dentoalveolar yapılarda görülen daralma şeklindeki etkinin azaldığı gözlenmiştir.

Çalışmamızda antero-posterior düzlem üzerindeki yer değişimi dağılımı I. modelde değerlendirildiğinde premolar bölgeden retromolar bölgeye doğru ve premolar diştten molar dişe doğru azalan oranda öne doğru hareket gözlenmiştir. Öne doğru olan hareket miktarı yarık bulunan tarafta daha fazla görülmüştür. II. modelde ise alveolar kemik grefti nedeniyle öne gelme miktarının I. modeldekine göre azaldığı ancak yine de yarık bulunan taraftaki değişimin yarık bulunmayan tarafa göre daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Antero-posterior düzlem üzerinde genişletme sonrası meydana gelen yer değişimi değerlendirildiğinde ise III. ve IV. modellerde değerlendirilen noktalarda genel olarak posterior yönlü hareket gözlenirken, A noktası, ANS, kesici diş, kanin, premolar ve molar bölgelerde anterior yönlü hareket gözlenmiştir. Anterior yöndeki yer değişimi genel olarak yarık tarafında fazla olmak ile birlikte III. modele göre alveolar kemik greftli IV. modelde aradaki farkın azaldığı gözlenmiştir.

Çalışmamızda vertikal düzlem üzerindeki yer değişimi dağılımı değerlendirildiğinde; I. modelde yarık tarafındaki kanin dişi ve kanin bölgesinde saat yönünün tersine rotasyona bağlı olarak superior yönde hareket gözlenirken diğer dişsel bölgelerde posteriora doğru artan şekilde inferior yönde hareket görülmüştür. Bu hareket miktarı yarık tarafında daha fazla gözlenmiştir. II. modelde ise vertikal düzlemdeki hareket her iki tarafta daha simetrik bir dağılım gösterirken hareket miktarının alveolar kemik greftinin etkisiyle I. modele göre yarık tarafında azaldığı gözlenmiştir.

Vertikal düzlem üzerinde genişletme sonrası meydana gelen yer değişimi değerlendirildiğinde ise III. ve IV. modellerde saat yönündeki rotasyona bağlı anterior

yapılarda inferior, posterior yapılarda superior yönlü hareket gözlenmiştir. Meydana gelen yer değişimi değerleri alveolar kemik greftinin etkisiyle IV. modelde her iki taraf arasında daha simetrik dağılım göstermiştir.

Mars ve ark. (106), 1987 yılında maloklüzyonun şiddetini belirlemek amacıyla GOSLON skorlamasını geliştirmişlerdir. Bu skorlamada dental ark ilişkileri kötüden iyiye doğru 1 ile 5 arasında skorlanmaktadır. Pek çok çalışmada da tedavi prosedürlerinin değerlendirilmesi amacıyla bu skorlama kullanılmaktadır (5, 131). Doğan ve ark. (40), tek taraflı dudak damak yarıklı Türk hastaların maloklüzyon şiddetini, Avrupa dudak damak yarığı merkezlerindeki hastalar ile karşılaştırdıkları çok merkezli çalışmalarında Türk toplumunda tek taraflı dudak damak yarıklı vakalardan elde edilen skorların belirgin bir şekilde düşük olduğunu ve maloklüzyonların daha şiddetli olduğunu bildirmişlerdir. Bu durumun Türkiye'deki cerrahi operasyonların ve çok merkezli tedavi yaklaşımlarının yetersiz kalmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Çalışmamızda alveolar kemik grefti uygulamasıyla yarık tarafında uzayın üç yönünde de daha fazla olan hareket miktarının azalarak yarık bulunan ve bulunmayan taraflar arasında daha simetrik bir dağılım gözlemlendiği belirlenmiştir. Literatürdeki genel görüş alveolar kemik greftinin kanin dişinin erüpsiyonundan önce yapılması ile ilgili iken ortopedik kuvvetlerden önce ya da sonra uygulanması ile ilgili net bir görüş bulunmamaktadır (160). Yang ve ark. (183) ve Chen ve ark. (24) sonlu elemanlar çalışmalarında alveolar kemik grefti uygulaması sonrasında daha simetrik hareket görüldüğü için ortopedik kuvvetlerin greft operasyonundan sonra uygulanmasını önermişlerdir. Ancak Doğan ve ark. (40)'nın çalışmasında da belirtildiği üzere Türk toplumundaki dudak damak yarıklı bireylerde daha fazla olan maloklüzyonun şiddeti göz önünde bulundurularak, özellikle antero-posterior ve transversal yetersizliğin şiddetli olduğu dudak damak yarıklı bireylerde yarık tarafında daha fazla hareket elde edilmesi amacıyla bu ortopedik kuvvetlerin alveolar kemik greftinden önce uygulanması gerektiğini düşünmekteyiz. Ancak deformasyon miktarının daha az olduğu ve yarık bulunan ve bulunmayan tarafların simetrik hareketinin istendiği dudak damak yarıklı hastalarda ise alveolar kemik grefti uygulamasından sonra protraksiyon kuvveti uygulamasının tercih edilebileceği görüşündeyiz.

Moss'un (119) fonksiyonel matriks teorisine göre; kasları, yumuşak dokuları, sinirleri oluşturan hücreler fonksiyonel bir matriks meydana getirerek yüz gelişiminde anahtar rol oynamaktadırlar. Çalışmamız maksiller protraksiyon ve genişletme sonrasındaki iskeletsel ve dişsel dokulardaki stres dağılımı ve yer değiştirme paterni hakkında bilgi sunmasına rağmen, yumuşak dokuları, kasları, ligamanları ve cilt dokusunu içermemektedir. Ayrıca dudak damak yarıklı hastalarda görülen cerrahi sonrası skar dokusunun etkileri de değerlendirmeye alınmamıştır. Bu durum sonlu elemanlar analizinin sınırlarının dışında kalmaktadır. Bu nedenle dudak damak yarıklı hastalarda yumuşak dokuların ve cerrahi sonrası skar dokusunun etkilerinin araştırılarak değerlendirmeye alındığı daha ileri çalışmalara ve tekniklere ihtiyaç vardır.

Çalışmamızda normal bir kafatası modelinden yola çıkılarak yarık hattı simülasyonu yapılmamış, gerçek bir dudak damak yarıklı hastaya ait bilgisayarlı tomografi görüntüsünden model oluşturulmuştur. Bu durum sonuçların daha gerçekçi olmasını sağlamaktadır. Ancak yine de diğer pek çok sonlu eleman çalışmasında da olduğu gibi tek bir hastaya ait modelden yola çıkılarak elde edilen sonuçların klinik varyasyonlara ve bireysel farklılıklara açık olduğu ve tüm popülasyon için kesin sonuç içermediği unutulmamalıdır. Bu nedenle ileriki çalışmalarda farklı uzunluk ve genişlikte, farklı morfolojide yarık hattına sahip, farklı boyutlardaki maksiller kompleksi içeren modeller üzerinde de değerlendirmelerin yapılmasına ihtiyaç vardır.

5.4. Sonuçlar

Çalışmamızda tek taraflı dudak damak yarığı anomalisinin tedavisinde üst çeneye uygulanan protraksiyon kuvvetinin tek başına, maksiller genişletme ile beraber ve alveolar kemik greftinden önce ve sonra uygulanmasıyla meydana gelen yer değişimi ve gerilme değerleri sonlu elemanlar analizi ile değerlendirilmiştir.

Çalışmamızın sonuçlarına göre tek taraflı dudak damak yarığı anomalisinin tedavisinde protraksiyon kuvvetinin üst çene genişletmesi ile beraber uygulanmasının daha ortopedik bir etki meydana getirdiği görülmüştür. Ayrıca protraksiyon kuvvetinin yan etkisi olan saat yönünün tersine olan rotasyon genişletme sonrası azalarak üst çenede daha translatif hareket gözlenmiştir. Tek başına protraksiyon kuvveti uygulandığında yarık tarafında daha fazla olmak üzere dental arkta daralma yönünde yan etki meydana gelmiştir. Bu nedenlerle maksiller protraksiyon uygulaması maksiller

darlığın eşlik etmediği tek taraflı dudak damak yarığı olgularında da genişletme ile beraber uygulandığında bu olumsuzluklar önlenebilecektir.

Bu ortopedik kuvvetler alveolar kemik greftinden önce uygulandığında yarık tarafında daha fazla hareket gözlenmiştir. Alveolar kemik grefti sonrasında yarık tarafındaki hareket miktarı bir miktar azalarak, yarık bulunan ve bulunmayan taraflar arasında daha simetrik bir dağılım gözlenmiştir. Bu nedenle her vakaya ait özellikler gözönünde bulundurularak özellikle transversal ve antero-posterior yetersizliğin fazla olduğu tek taraflı dudak damak yarıklı vakalarda yarık tarafının hareketini sınırlayan yumuşak doku ve cerrahi skar dokusu da dikkate alınarak alveolar kemik greftinin genişletme ve protraksiyon kuvvetlerinden sonra uygulanmasının daha etkili olacağını düşünmekteyiz.



KAYNAKLAR

1. Ağaayak KS, Ağaayak E, Coşkun S, Aksoy O. Konjenital orofasiyal yarıklar: Etyolojisi ve sıklığı. *Dicle Tıp Derg* 2014; **2**: 41.
2. Aizenbud D, Hefer T, Rachmiel A, Figueroa AA, Joachims HZ, Laufer D. A possible otological complication due to maxillary expansion in a cleft lip and palate patient. *Cleft Palate-Craniofac J* 2000; **37(4)**:416-420.
3. Allam E, Stone C. Cleft lip and palate: etiology, epidemiology, preventive and intervention strategies. *Anat Physiol* 2014; **4**:1-6.
4. Ani S, Shah V, Parashar A. Arch expansion in cleft lip and palate patients. *Ind J Fundam App Sci* 2013; **3(2)**:25-28.
5. Asher-McDade C, Brattström V, Dahl E, McWilliam J, Mølsted, K, Plint DA, The RP. A six-center international study of treatment outcome in patients with clefts of the lip and palate: Part 4. Assessment of nasolabial appearance. *Cleft Palate-Craniofac J* 1992; **29(5)**:409-412.
6. Baccetti T, McGill JS, Franchi L, McNamara JA, Tollaro I. Skeletal effects of early treatment of Class III malocclusion with maxillary expansion and face-mask therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998; **113(3)**:333-343.
7. Baek SH, Moon HS, Yang WS. Cleft type and Angle's classification of malocclusion in Korean cleft patients. *Eur J Orthod* 2002; **24(6)**:647-653.
8. Baik HS. Clinical results of the maxillary protraction in Korean children. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995; **108(6)**:583-592.
9. Bajaj AK, Wongworawat AA, Punjabi A. Management of alveolar clefts. *J Craniofac Surg* 2003; **14(6)**:840-846.
10. Bardach J, Morris HL. *Multidisciplinary Management of Cleft Lip And Palate*. Philadelphia: W. B. Saunders; 1990.
11. Bell RA. A review of maxillary expansion in relation to the rate of orthopedics. *Am J Orthod* 1982; **81**:32-37.
12. Bergland O, Sidhu SS. Occlusal changes from the deciduous to the early mixed dentition in unilateral complete clefts. *Cleft Palate J* 1974; **11**:317-326.
13. Bergland O, Semb G, Abyholm FE. Elimination of the residual alveolar cleft by secondary bone grafting and subsequent orthodontic treatment. *Cleft Palate J* 1986; **23(3)**:175-205.
14. Berkowitz S. *Cleft Lip and Palate. Diagnosis and Management* (2 bs.). Berlin: Springer; 2006.

15. Bishara SE, Krause CJ, Olin WH, Weston D, Ness JV, Felling C. Facial and dental relationships of individuals with unoperated clefts of the lip and/or palate. *Cleft Palate J* 1976; **13**:238-252.
16. Brattström V, McWilliam J. The influence of bone grafting age on dental abnormalities and alveolar bone height in patients with unilateral cleft lip and palate. *Eur J Orthod* 1989; **11**(4):351-358.
17. Brauer JR. *What Every Engineer Should Know About Finite Element Analysis*. Second Ed. New York: Marcel Dekker, Inc; 1993.
18. Burak MY, Barrios JCQ. Anteroposterior and vertical maxillary changes with facial mask use in patients with unilateral cleft lip palate sequelae from General Hospital «Dr. Manuel Gea González». *Revista Mexicana de Ortodoncia* 2014; **2**(3):e170-e178.
19. Burston WR. The early orthodontic treatment of alveolar clefts. *Section of Odontology* 1965; **58**:767-772.
20. Buschang PH, Porter C, Genecov E, Genecov D, Sayler KE. Face mask therapy of preadolescents with unilateral cleft lip and palate. *Angle Orthod* 1994; **64**(2):145-150.
21. Chen F, Terada K, Hanada K, Saito S. Anchorage effect of palatal implants under various forces: A finite element study. *Orthod Waves* 2006; **65**:1-8.
22. Chen R, Shi G, Hou M, Zhang X. Finite element modeling of distraction osteogenesis for a maxilla with severe cleft palate. In: *Biomedical Engineering and Informatics (BMEI), 2010 3rd International Conference on*. IEEE 2010; 1194-1198.
23. Chen Z, Pan X, Zhao N, Chen Z, Shen G. Asymmetric maxillary protraction for unilateral cleft lip and palate patients using finite element analysis. *J Craniofac Surg* 2015; **26**(2):388-392.
24. Chen Z, Pan X, Shao Q, Chen Z. Biomechanical effects on maxillary protraction of the craniofacial skeleton with cleft lip and palate after alveolar bone graft. *J Craniofac Surg* 2013; **24**(2):446-453.
25. Christopher A, Subtenlly J. Use of the face mask in the treatment of maxillary skeletal retrusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988; **93**(5):388-94.
26. Cozzani G. Extraoral traction and class III treatment. *Am J Orthod* 1981; **80**(6):638-650.
27. Çelikel D, Kılıçoğlu H, Erbay E, Karagöz G, Ok S. İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'ne başvuran dudak damak yarıklı hastaların genel profili. *Türk Dişhekimliği Derg* 2008; **3**:182-185.
28. Çelikel D. Tek ve çift taraflı primer ve sekonder damak yarığı bulunan farklı yaş gruplarındaki bireylerin ark formu ve boyutlarının değerlendirilmesi. İstanbul üniversitesi sağlık bilimleri enstitüsü, Ortodonti ABD. Doktora Tezi. İstanbul. 2009.

29. Da Silva Filho OG, Ramos AL, Abdo RCC. The influence of unilateral cleft lip and palate on maxillary dental arch morphology. *Angle Orthod* 1992; **62**:283-290.
30. Da Silva Filho OG, Teles SG, Ozawa TO, Filho LC. Secondary bone graft and eruption of the permanent canine in patients with alveolar clefts: literature review and case report. *Angle Orthod* 2000; **70**(2):174-178.
31. Davidian EJ. Use of a computer model to study the force distribution on the root of the maxillary central incisor. *Am J Orthod* 1971; **59**(6):581-8.
32. Davis JS, Richie HP. Classification of congenital clefts of the lip and palate: with a suggestion for recording these cases. *J Am Med Assoc* 1922; **79**(16):1323-1327.
33. De Clerck HJ, Cornelis MA, Cevidanes LH, Heymann GC, Tulloch CJ. Orthopedic traction of the maxilla with miniplates: a new perspective for treatment of midface deficiency. *J Oral Maxillofac Surg* 2009; **67**(10):2123-2129.
34. De Ladeira PR, Alonso N. Protocols in cleft lip and palate treatment: systematic review. *Plast Surg Int* 2012.
35. Delaire J. Quelques resultats des tractions extra-orales a appui frontomentonnier dans le traitement orthopedique des malformations maxillomandibulaires de classe III et des sequelles osseuses des fentes labio-maxillaires [Some results of extra-oral tractions with front-chin rest in the orthodontic treatment of class 3 maxillomandibular malformations and of bony sequelae of cleft lip and palate]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* 1972; **73**:633-642.
36. Dellinger EL. A preliminary study of anterior maxillary displacement. *Am J Orthod* 1973; **63**(5):509-516.
37. Dempf R, Teltzrow T, Kramer FJ, Hausamen JE. Alveolar bone grafting in patients with complete clefts: a comparative study between secondary and tertiary bone grafting. *Cleft Palate-Craniofac J* 2002; **39**(1):18-25.
38. Dinçer B, Doğan S, Ertan-Erdinç AM. Dudak-Damak Yarıklı Hastalarda Dental ve Okluzal Anomaliler. *Turk J Orthod* 2006; **19**:35-47.
39. Dixon MJ, Marazita ML, Beaty TH, Murray JC. Cleft lip and palate: understanding genetic and environmental influences. *Nat Rev Genet* 2011; **12**(3):167-178.
40. Dogan S, Semb G, Erbay E, Alcan T, Uzel A, Kocadereli İ, Shaw WC. Dental arch relationships in Turkish patients with complete unilateral cleft lip and palate born between 1976 and 1990: a comparison with eurocleft. *Cleft Palate-Craniofac J* 2014; **51**(1):70-75.
41. Dogan S, Olmez S, Pekedis M, Yildiz H. Biomechanical evaluation of sagittal maxillary internal distraction osteogenesis in unilateral cleft lip and palate patient and noncleft patients: a three-dimensional finite element analysis. *Angle Orthod* 2014; **84**(5):815-824.

42. Enlow DH, Hans MG. Essentials of facial growth WB Saunders. *Philadelphia, PA*; 1996.
43. Erk Y, Özgür F. Dudak ve Damak Yarıkları. *İşkur Matbaacılık Ltd. Şti, Ankara*;1999.
44. Eskitaşçıoğlu G, Yurdukoru B. Stres Analiz Yöntemi. *AÜ Diş Hek Fak Derg* 1995; **22**:201-205.
45. Fagan MJ. *Finite Element Analysis, Theory and Practice*. Harlow, UK: Pearson Education; 1992.
46. Feichtinger M, Mossböck R, Kärcher H. Assessment of bone resorption after secondary alveolar bone grafting using three-dimensional computed tomography: a three-year study. *Cleft Palate-Craniofac J* 2007; **44**(2):142-148.
47. Franklin FE. Stress Analysis; İçinde: Kutz M, editor. *Mechanical Engineers' Handbook*. Wiley Interscience; 1998, pp 191-245.
48. Freire AB, Nascimento LEAG, Lira ALS. Effects induced after the use of maxillary protraction appliances: A literature review. *Dental Press J Orthod* 2012; **17**(4):122-128.
49. Frost HM. A determinant of bone architecture: the minimum effective strain. *Clin Orthop Relat Res* 1983; **175**:286-292.
50. Frost, HM. Wolff's Law and bone's structural adaptations to mechanical usage: an overview for clinicians. *Angle Orthod* 1994; **64**(3):175-188.
51. Furquim LZ, Janson G, Furquim BD, Iwaki Filho L, Henriques JF, Ferreira GM. Maxillary protraction after surgically assisted maxillary expansion. *J Appl Oral Sci* 2010; **18**(3):308-315.
52. Gallagher RW, Miranda F, Buschang P. Maxillary protraction: treatment and posttreatment effects. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1998; **113**(6):612-619.
53. Gautam P, Valiathan A, Adhikari R. Skeletal response to maxillary protraction with and without maxillary expansion: A finite element study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; **135**:723-8.
54. Gautam P, Zhao L, Patel P. Biomechanical response of the maxillofacial skeleton to transpalatal orthopedic force in a unilateral palatal cleft. *Angle Orthod* 2011; **81**(3):503-509.
55. Gautam P, Valiathan A, Adhikari R. Maxillary protraction with and without maxillary expansion: a finite element analysis of sutural stresses. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2009; **136**(3):361-366.
56. Geng JP, Tan KB, Liu GR. Application of finite element analysis in implant dentistry: A review of the literature. *J Prosthet Dent* 2001; **85**(6): 585-98.
57. Geramy A. Initial stress produced in the periodontal membrane by orthodontic loads in the presence of varying loss of alveolar bone: a three-dimensional finite

- element analysis. *Eur J Orthod* 2002; **24(1)**:21-33.
58. Graber TM, Vanarsdall RL, Vig KWL. *Orthodontics: Current Principles and Techniques* (4 bs.). St. Louis: Elsevier Mosby; 2005.
59. Grayson BH, Wood R. Preoperative columella lengthening in bilateral cleft lip and palate. *Plast Reconstr Surg* 1993; **92(7)**:1422-1423
60. Gümüş HÖ. Üç farklı dental implant yiv tasarımının ve iki farklı dental implant çapının değişik yoğunluktaki kemik üzerinde oluşturdukları gerilmelerin üç boyutlu sonlu elemanlar gerilme analiz yöntemi ile karşılaştırılması. *Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ortodonti Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi*, Ankara.2007.
61. Gupta A, Hazarey PV, Kharbanda OP, Kohli VS, Gunjal A. Stress distribution in the temporomandibular joint after mandibular protraction: A 3-dimensional finite element method study. Part 2. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; **135**:749-56.
62. Haas AJ. Rapid Expansion of the Maxillary Dental Arch and Nasal Cavity by Opening the Midpalatal Suture. *Angle Orthod* 1961; **31**: 73-90.
63. Haas AJ. Palatal expansion: Just the beginning of dentofacial orthopedics. *Am J Orthod* 1970; **57**:219-255.
64. Halicioğlu K, Koçal GK. Damak Yarikli Hastalarda Alveoler Kemik Greftlemesi. *J Dent Fac Ataturk Uni* 2016; **26(1)**:12-13.
65. Hall HD, Werther JR. Conventional alveolar cleft bone grafting. *Oral Maxillofac Clin North Am* 1991; **3**:609–16.
66. Harvold E. Cleft lip and palate: morphologic studies of the facial skeleton. *Am J Orthod* 1954; **40(7)**:493-506.
67. Hickham, JH. Maxillary protraction therapy: diagnosis and treatment. *J Clin Orthod* 1991; **25(2)**:102.
68. Hilgers JJ. Adjuncts to Bioprogressive Therapy: A Palatal Expansion Appliance for Non-Compliance Therapy. *J Clin Orthod* 1991; **25(08)**:491-497.
69. Hino CT, Cevidanes LH, Nguyen TT, De Clerck HJ, Franchi L, McNamara JA. Three-dimensional analysis of maxillary changes associated with facemask and rapid maxillary expansion compared with bone anchored maxillary protraction. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2013; **144(5)**:705-714.
70. Holberg C, Rudzki-Janson I. Stresses at the cranial base induced by rapid maxillary expansion. *Angle Orthod* 2006; **76(4)**:543-550.
71. Holberg C, Holberg N, Schwenzer K, Wichelhaus A, Rudzki-Janson I. Biomechanical analysis of maxillary expansion in CLP patients. *Angle Orthod* 2007; **77(2)**:280-287.

72. Holberg C, Mahaini L, Rudzki-Janson I. Analysis of sutural strain in maxillary protraction therapy. *Angle Orthod* 2007; **77(4)**:586-594.
73. Holberg C, Steinhäuser S, Rudzki-Janson I. Rapid maxillary expansion in adults: cranial stress reduction depending on the extent of surgery. *Eur J Orthod* 2007; **29(1)**:31-36.
74. Hoşnüter M, Aktunç E, Kargı E, Ünalacak M, Babuççu O, Demircan, N ve ark. Yarık damak dudak aile rehberi. *Süleyman Demirel Üni Tıp Fakül Derg* 2002; **9(1)**:2-4.
75. Hotz M, Gnoinski W. Comprehensive care of cleft lip and palate children at Zurich University: a preliminary report. *Am J Orthod* 1976; **70**:481-504.
76. Hotz MM, Gnoinski WM. Effects of early maxillary orthopaedics in coordination with delayed surgery for cleft lip and palate. *J Maxillofac Surg* 1979; **7**:201-210
77. Hughes TJR. *The finite element method*. New Jersey: Prentice-Hall; 1987.
78. İnan M. *Cisimlerin mukavemeti*. 6th ed. İstanbul: İTÜ Vakfı; 1988.
79. Işeri H, Tekkaya AE, Öztan Ö, Bilgiç S. Biomechanical effects of rapid maxillary expansion on the craniofacial skeleton, studied by the finite element method. *Eur J Orthod* 1998; **20(4)**:347-356.
80. Ismail SF, Moss JP, Hennessy R. Three-dimensional assessment of the effects of extraction and nonextraction orthodontic treatment on the face. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002; **121(3)**:244-56.
81. Jafari A, Shetty KS, Kumar M. Study of stress distribution and displacement of various craniofacial structures following application of transverse orthopedic forces: A three-dimensional FEM study. *Angle Orthod* 2003; **73**:12-20.
82. Jeon PD, Turley PK, Ting K. Three-dimensional finite element analysis of stress in the periodontal ligament of the maxillary first molar with simulated bone loss. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001; **119(5)**:498-504.
83. Jinushi H, Suzuki T, Naruse T, Isshiki Y. A dynamic study of the effect on the maxillofacial complex of the face bow: analysis by a three-dimensional finite element method. *Bull Tokyo Dent Coll* 1997; **38(1)**:33-41.
84. Jordan R, Kraus B, Neptune C. Dental anomalies associated with cleft lip and/or palate. *Cleft Palate J* 1996; **3**:22-25.
85. Kambara T. Dentofacial changes produced by extraoral forward force in the *Macaca irus*. *Am J Orthod* 1977; **71(3)**:249-277.
86. Kapust AJ, Sinclair PM, Turley PK. Cephalometric effects of face mask/expansion therapy in Class III children: a comparison of three age groups. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998; **113(2)**: 204-212.
87. Karamanlı EB. Yüz maskesi, çenelik ve modifiye jasper jumper aygıtlarının

kraniyofasiyal system üzerine etkilerinin sonlu elemanlar analiz ile incelenmesi. *İstanbul üniversitesi sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ortodonti AD*. Doktora tezi. İstanbul. 2013.

88. Katada H, Katada H, Isshiki Y. Changes in orthodontic cephalometric reference points on application of orthopedic force to jaw: three-dimensional finite element analysis. *Bull Tokyo Dent Coll* 2005; **46(3)**:59-65.
89. Keles A, Tokmak EÇ, Erverdi N, Nanda R. Effect of varying the force direction on maxillary orthopedic protraction. *Angle Orthod* 2002; **72(5)**:387-396.
90. Kernahan DA, Stark RB. A new classification of cleft lip and palate. *Plast Reconstr Surg* 1958; **22**:435-441.
91. Kernehan DA. The stripped YA symbolic classification for cleft lip and palate. *Plast Reconstr Surg* 1971; **47(5)**:469-470.
92. Kim KR, KimS, Baek SH. Change in grafted secondary alveolar bone in patients with UCLP and UCLA: a three-dimensional computed tomography study. *Angle Orthod* 2008;**78(4)**,:631-640.
93. Kılıçoğlu H, Öztürk Y. İskeletsel III. Sinif vakaların delaire maskesi ile tedavisinde diş çene yüz sisteminde meydana gelen değişikliklerin sefalometrik olarak incelenmesi-a cephalometric study: the effects of the delaire mask in the treatment of class III skeletal cases. *J Istanb Univ Fac Dent* 1994; **28(1)**:39-48.
94. Koriath TWP, Versluis A. Modeling the mechanical behavior of the jaws and their related structures by finite element (FE) analysis. *Crit Rev Oral Bio Med* 1997; **8(1)**:90-104.
95. Kot M, Kruk-Jeromini J. Analysis of family incidence of cleft lip and/or palate. *Med Sci Monit* 2007; **13(5)**, CR231-CR234.
96. Kuhlberg A, Nanda R. Principles of Biomechanics. İçinde Nanda R, Rudolph P. *Biomechanics and Esthetic Strategies*. St. Louis: Elsevier Inc; 2005. pp. 1-16.
97. Külekçi G, Kılıçoğlu H. Orthopedic protraction with skeletal anchorage and alternate rapid maxillary expansion and constriction. *J Ortho Techniques* 2011; **3(1)**:14-23.
98. Lambadusuriya SP, Mars M, Ward CM. Sri Lankan cleft lip and palate project: a preliminary report. *J R Soc Med* 1988; **81(12)**:705-709.
99. Ledley RS, Huang HK. Linear model of tooth displacement by applied forces. *J Dent Res* 1968; **47(3)**:427-32.
100. Lee NK, Baek SH. Stress and displacement between maxillary protraction with miniplates placed at the infrazygomatic crest and the lateral nasal wall: a 3-dimensional finite element analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012; **141(3)**:345-351.
101. Lilja J. Cleft lip and palate surgery. *Scand J Surg* 2003; **92**:269-73.

102. Long Jr RE, Spangler BE, Yow M. Cleft width and secondary alveolar bone graft success. *Cleft Palate Craniofac J* 1995; **32(5)**:420-427.
103. Ma, QL, Conley RS, Wu T, Li H. Interdisciplinary treatment for an adult with a unilateral cleft lip and palate. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014; **146(2)**:238-248.
104. Mansuroğlu Y. Uygun sonuçlu eleman geometrisinin belirlenmesi ve mesh (ağ) kalitesinin artırılması. 2010. In: www.yusufmansuroglu.com.tr
105. Mars M, Houston WJ. A preliminary study of facial growth and morphology in unoperated male unilateral cleft lip and palate subjects over 13 years of age. *Cleft Palate Craniofac J* 1990; **27(1)**:7-10.
106. Mars M, Plint DA, Houston WJ, Bergland, O, Semb G. The Goslon Yardstick: a new system of assessing dental arch relationships in children with unilateral clefts of the lip and palate. *Cleft Palate J* 1987; **24(4)**:314-322.
107. Mathew A, Nagachandran KS, Vijayalakshmi D. Stress and displacement pattern evaluation using two different palatal expanders in unilateral cleft lip and palate: a three-dimensional finite element analysis. *Prog Orthod* 2016; **17(1)**:38-43.
108. Mc Neil CK. Congenital oral deformities. *Br Dent J* 1956; **18**:191-198.
109. McNamara JA. An orthopedic approach to the treatment of Class III malocclusion in young patients. *J Clin Orthod* 1987; **21**: 598-608.
110. Meazzini MC, Donati V, Garattini G, Brusati R. Maxillary growth impairment in cleft lip and palate patients: a simplified approach in the search for a cause. *J Craniofac Surg* 2008; **19(5)**:1302-1307.
111. Melsen B. Palatal growth studied on human autopsy material: a histologic microradiographic study. *Am J Orthod* 1975; **68(1)**:42-54.
112. Mercado A, Russell K, Hathaway R, Daskalogiannakis J, Sadek H, Long Jr RE, Shaw W. The Americleft study: an inter-center study of treatment outcomes for patients with unilateral cleft lip and palate part 4. Nasolabial aesthetics. *Cleft Palate Craniofac J* 2011; **48(3)**:259-264.
113. Mermigos J, Full CA, Andreasen G. Protraction of the maxillofacial complex. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990; **98(1)**:47-55.
114. Mestre JC, DeJesus J, Subtelny JD. Unoperated oral clefts at maturation. *Angle Orthod* 1960; **30(2)**:78-85.
115. Meštrović S, Šljaj M, Rajić P. Finite element method analysis of the tooth movement induced by orthodontic forces. *Coll Antropol* 2003; **2**:17-21.
116. Millard DR. *The Naming And Classifying Of Clefts In: Cleft Craft: The Evolution Of It's Surgery* .1st Ed. Ch.1:41. Brown and Company, Boston; 1976.

117. Miyasaka-Hiraga J, Tanne K, Nakamura S. Finite element analysis for stresses in the craniofacial sutures produced by maxillary protraction forces applied at the upper canines *Br J Orthod* 1994; **21(4)**:343-348.
118. Moaveni S. *Finite Element Analysis: Theory and Application with Ansys*. New Jersey: Prentice Hall; 2003.
119. Moss ML. The functional matrix hypothesis revisited. 2. The role of an osseous connected cellular network. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997; **112(2)**:221-226.
120. Mossey PA, Little J, Munger RG, Dixon MJ, Shaw WC. Cleft lip and palate. *The Lancet* 2009; 1773-1785.
121. Mow VC, Huiskes R. *Basic Orthopaedic Biomechanics & Mechano-Biology*. New York, 2005.
122. Murthy J, Bhaskar L. Current concepts in genetics of nonsyndromic clefts. *Indian J Plast Surg* 2009; **42(1)**:68-81.
123. Nakajima A, Murata M, Tanaka E, Arai Y, Fukase Y, Nishi Y, Sameshima G, Shimizu N. Development of three-dimensional finite element modeling system from the limited cone beam CT images for orthodontic tipping tooth movement. *Dent Mater J* 2007; **26**:882-91.
124. Nanda R, *Biomechanics and Esthetic Strategies in Clinical Orthodontics*. St. Louis: Elsevier Inc.; 2005.
125. Nanda, R. Biomechanical and clinical considerations of a modified protraction headgear. *Am J Orthod* 1980; **78(2)**:125-139.
126. Nanda R, Hickory W. Zygomaticomaxillary suture adaptations incident to anteriorly-directed forces in rhesus monkeys. *Angle Orthod* 1984; **54(3)**:199-210.
127. Nath B. *Fundamentals of Finite Elements for Engineers*. Athlone Press, London; 1977.
128. Ngan P, Wei SH, Hagg U, Yiu CK, Merwin D, Stickel B. Effect of protraction headgear on Class III malocclusion. *Quintessence Int* 1992; **23(3)**.
129. Nienkemper M, Wilmes B, Pauls A, Drescher D. Maxillary protraction using a hybrid hyrax-facemask combination. *Prog Orthod* 2013; **14(5)**:1-8.
130. Ortiz-Monasterio F, Alfonso SR, Gustavo BP, Rodriguez-Hoffman H, Vinageras E. A study of untreated adult cleft palate patients. *Plas Reconstr Surg* 1966; **38(1)**:36-41.
131. Ozawa TO, Shaw WC, Katsaros C, Kuijpers-Jagtman AM, Hagberg C, Rønning E, Semb G. A new yardstick for rating dental arch relationship in patients with complete bilateral cleft lip and palate. *Cleft Palate Craniofac J* 2011; **48(2)**:167-172.

132. Ölmez S. Dudak damak yarıklı bireylerde maksiller distraksiyon osteogenezisinin sonlu elemanlar yöntemi ile değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ortodonti Anabilim Dalı Programı. Doktora Tezi.* İzmir. 2012.
133. Pan X, Qian Y, Yu J, Wang D, Tang Y, Shen G. Biomechanical effects of rapid palatal expansion on the craniofacial skeleton with cleft palate: a three-dimensional finite element analysis. *Cleft Palate Craniofac J* 2007; **44**:149-54.
134. Patricia L, Bender RN. Genetics of Cleft Lip and Palate. *J Pediatric Nursing* 2000; **15**(4):242-249.
135. Posnick JC, Ruiz RL. Staging of cleft lip and palate reconstruction: infancy through adolescence. İçinde Diego FW, editor. *Cleft lip and palate: from origin to treatment.* Oxford University Press; 2002. pp. 320-327.
136. Proffit WR, Fields HW, Ackerman JL. *Contemporary Orthodontics.* 3 rd Ed. St. Louis: Mosby; 2000; 1- 363.
137. Provatidis C, Georgiopoulos B, Kotinas A, McDonald JP. On the FEM modeling of craniofacial changes during rapid maxillary expansion. *Med Eng Phys* 2007; **29**:566-79.
138. Rajesh P, Rajesh R, Narayanan V, Baig MF, Prabhu VR, Venkatesan A. A clinical profile to assess the potential risk factors for cleft lip and palate. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2000; **18**(4):147-50.
139. Ramoğlu S, Ozan O. Diş Hekimliğinde Sonlu Elemanlar Stres Analiz Yöntemi. *J Dent Fac Atatürk Uni* 2014; **24**:175-180.
140. Ramstad T, Semb G. The effect of alveolar bone grafting on the prosthodontic/reconstructive treatment of patients with unilateral complete cleft lip and palate. *Int J Prosthodont* 1997; **10**(2):156-63.
141. Richmond BG, Wright BW, Grosse I, Dechow PC, Ross CF, Spencer MA, Strait DS. Finite element analysis in functional morphology. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol* 2005; **283**:259-74.
142. Ross RB. Treatment variables affecting facial growth in complete unilateral cleft lip and palate. *Cleft Palate J* 1987; **24**:5-77.
143. Sadler TW. *Langman's Medical Embriology.* Baltimore: Williams&Wilkins; 2011.
144. Sakaguchi Y, Kajii TS, Kumano C, Tamaoki S, Ishikawa H. Effects of facial mask treatment are attributed to accelerated maxillary growth and inhibited counter-clockwise total rotation of the mandibular corpus: A structural superimposition study. *Orthod Waves* 2017; **76**(2):81-88.
145. Sar Ç, Arman-Özçırpıcı A, Uçkan S, Yazıcı AC. Comparative evaluation of maxillary protraction with or without skeletal anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011; **139**(5):636-649.

146. Sell DA, Grunwell P. Speech results following late palatal surgery in previously unoperated Sri Lankan adolescents with cleft palate. *Cleft Palate Craniofac J* 1990; **27**(2):162-168.
147. Shapira Y, Lubit E, Kuftinec MM, Borell G. The distribution of clefts of the primary and secondary palates by sex, type, and location. *Angle Orthod* 1999; **69**(6):523-528.
148. So LLY. Effects of reverse headgear treatment on sagittal correction in girls born with unilateral complete cleft lip and cleft palate-skeletal and dental changes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996; **109**(2):140-147.
149. Spolyar JL. The design, fabrication, and use of a full-coverage bonded rapid maxillary expansion appliance. *Am J Orthod* 1984; **86**(2):136-145.
150. S Spolyar JL. Head positioning error in cephalometric radiography: —an implant study. *Angle Orthod* 1987; **57**(1):77-88.
151. Sung SJ, Baik HS, Moon YS, Yu HS, Cho YS. A comparative evaluation of different compensating curves in the lingual and labial techniques using 3D FEM. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; **123**(4):441-450.
152. Szwedowski TD, Whyne CM, Fialkov JA. Toward characterization of craniofacial biomechanics. *J Craniofac Surg* 2010; **21**: 202-7.
153. Tai K, Park JH, Okadakage S, Mori S, Sato Y. Orthodontic treatment for a patient with a unilateral cleft lip and palate and congenitally missing maxillary lateral incisors and left second premolar. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012; **141**(3):363-373.
154. Tanaka SA, Mahabir RC, Jupiter DC, Menezes JM. Updating the epidemiology of cleft lip with or without cleft palate. *Plast Reconstr Surg* 2012; **129**(3):511e-518e.
155. Tanne K, Hiraga J, Sakuda M. Effects of the directions of maxillary protraction forces on biomechanical changes in craniofacial komplex. *Eur J Orthod* 1989; **11**:382-91.
156. Tanne K, Sakuda M, Burstone CJ. Three-dimensional finite element analysis for stress in the periodontal tissue by orthodontic forces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987; **92**(6):499-505.
157. Tanne K, Sakuda M. Biomechanical and clinical changes of the craniofacial complex from orthopedic maxillary protraction. *Angle Orthod* 1991; **61**(2):145-152.
158. Tanne K, Miyasaka J, Yamagata Y, Sachdeva R, Tsutsumi S, Sakuda M. Three-dimensional model of the human craniofacial skeleton: method and preliminary results using finite element analysis. *J Biomed Eng* 1988; **10**(3):246-252.
159. Tanne K, Matsubara S, Sakuda M. Location of the centre of resistance for the nasomaxillary complex studied in a three-dimensional finite element model. *Br J Orthod* 1995; **22**(3):227-232.

160. Tatlı U, Benlidayı ME, Salimov F. Alveoler Yarıkların Onarımında Güncel Yaklaşımlar. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 2014; **23(4)**:563-574.
161. Thresher RW, Saito GE. The stress analysis of human teeth. *J Biomech* 1973; **6(5)**:443-449.
162. Tindlund RS. Skeletal response to maxillary protraction in patients with cleft lip and palate before age 10 years. *Cleft Palate Craniofac J* 1994; **31(4)**:295-308.
163. Tindlund RS, Rygh P, Boe OE. Orthopedic protraction of the upper jaw in cleft lip and palate patients during the deciduous and mixed dentition periods in comparison with normal growth and development. *Cleft Palate Craniofac J* 1993; **30(2)**:182-194.
164. Tolarova MM, Cervenka J. Classification and birth prevalence of orofacial clefts. *Am J Med Genet* 1998; **75**:126-37.
165. Tomatır AG, Acikbas I, Akdag B, Köksal A. Registries of cleft lip/palate cases between 2004 and 2010 in Denizli, Turkey. *Genet Mol Res* 2013; **12(4)**:4286-4291.
166. Tosun Y. *Sabit Ortodontik Apareylerin Biyomekanik Prensipleri*. İzmir: Ege Üniv. Basımevi; 1999.
167. Tunçbilek E, Alikasıfoğlu M, Akdallı B. *Türkiye’de Konjenital Malformasyon Sıklığı, Dağılımı, Risk Faktörleri Ve Yenidoğanların Antropometrik Değerlendirilmesi*. Ankara :Tübitak matbaası; 1996.
168. Turley PK. Orthopedic correction of Class III malocclusion with palatal expansion and custom protraction headgear. *J Clin Orthod* 1988; **22(5)**:314-317.
169. Ülgen M. *Ortodonti: Anomaliler, Sefalometri, Etioloji, Büyüme Ve Gelişim, Tanı*. İstanbul: Yeditepe Üniversitesi; 2000.
170. Uzel A. Dudak damak yarıklı bireylerde ikincil alveol kemik greftlerinin bilgisayarlı tomografi ile incelenmesi. *Acta Odontol Turcica* 2012; **29(1)**:11-14.
171. Van Staden RC, Guan H, Loo YC. Application of the finite element method in dental implant research. *Comput Methods Biomech Biomed Engin* 2006; **9**:257-70.
172. Vanderas AP. Incidence of cleft lip, cleft palate, and cleft lip and palate among races: a review. *Cleft palate J* 1987; **24(3)**:216-225.
173. Vargervik K. Orthodontic management of unilateral cleft lip and palate. *Cleft Palate J* 1981; **18(4)**:256-270.
174. Vlachos CC. Orthodontic treatment for the cleft palate patient. *Semin Orthod* 1996; **2(3)**:197-204.

175. Wakabayashi N, Ona M, Suzuki T, Igarashi Y. Nonlinear finite element analyses: Advances and challenges in dental applications. *J Dent* 2008; **36**:463-71.
176. Wang D, Cheng L, Wang C, Qian Y, Pan X. Biomechanical analysis of rapid maxillary expansion in the UCLP patient. *Med Eng Phys* 2009; **31(3)**:409-417.
177. Westwood PV, McNamara JA, Baccetti T, Franchi L, Sarver DM. Long-term effects of Class III treatment with rapid maxillary expansion and facemask therapy followed by fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; **123(3)**:306-320.
178. Williams MD, Sarver DM, Sadowsky PL, Bradley E. Combined rapid maxillary expansion and protraction facemask in the treatment of Class III malocclusions in growing children: a prospective long-term study. *Semin Orthod* 1997; **3(4)**:265-274.
179. Wong FK, Hagg U. An update on the aetiology of orofacial clefts. *Hong Kong Med J* 2004; **10**: 331-36.
180. Wyszynski DF. Cleft Lip and Palate: From Origin To Treatment. New York: Oxford University Press; 2002: 319-353.
181. Yağcı A, Uysal T. Tek taraflı dudak damak yarığına sahip bebeklerde nazoalveoler şekillendirme yönteminin yarık segmentler ve alveol genişlikleri üzerine etkilerinin değerlendirilmesi. *Sağlık Bilimleri Dergisi* 2007; **16(1)**:1-10.
182. Yan X, He W, Lin T, Liu J, Bai X, Yan G ve ark. Three-dimensional finite element analysis of the craniomaxillary complex during maxillary protraction with bone anchorage vs conventional dental anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013; **143(2)**: 197-205.
183. Yang IH, Chang YI, Kim TW, Ahn SJ, Lim WH, Lee NK ve ark. Effects of cleft type, facemask anchorage method, and alveolar bone graft on maxillary protraction: a three-dimensional finite element analysis. *Cleft Palate Craniofac J* 2012; **49(2)**:221-229.
184. Yu HS, Baik HS, Sung SJ, Kim KD, Cho YS. Three-dimensional finite-element analysis of maxillary protraction with and without rapid palatal expansion. *Eur J Orthod* 2007; **29(2)**:118-125.
185. Zhang D, Zheng L, Wang Q, Lu L, Ma J. Displacements prediction from 3D finite element model of maxillary protraction with and without rapid maxillary expansion in a patient with unilateral cleft palate and alveolus. *Biomed Eng Online* 2015; **14(1)**:80-87.

ETİK KURUL KARARI



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU**

Sayı :63

25.11.2015

Konu :Prof. Dr. Elif Erbay

**Sayın Prof. Dr. Elif ERBAY
Ortodonti Anabilim Dalı**

İlgi: Ortodonti Anabilim Dalının 17/11/2015 gün ve 360120 sayılı yazısı.

Sorumlu araştırmacılığını üstlendiğiniz 2015/66 dosya nolu "Tek taraflı dudak damak yarığı anomalisinin tedavisinde alveolar kemik grefti, maksiller genişletme ve protraksiyon uygulamalarının sonlu elemanlar analizi ile değerlendirilmesi " başlıklı çalışma kurulumuzun 25/11/2015 tarih ve 22 sayılı toplantısında görüşülerek etik yönden uygun bulunmuş olup, tutanaklar ekte sunulmuştur.

Bilgilerinizi rica ederim.

**Prof.Dr. Faruk Haznedaroğlu
İ.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Klinik
Araştırmalar Etik Kurul Başkanı**

Eki: İ.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmaları Etik Kurulu Karar Formu



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU**



Sayı 106

27.04.2016

Konu : Prof. Dr. Hülya Kılıçoğlu

**Sayın Prof. Dr. Hülya KILIÇOĞLU
Ortodonti Anabilim Dalı**

İlgi: Ortodonti Anabilim Dalı nın 14/04/2016 gün ve 137492 sayılı yazısı.

Sorumlu araştırmacılığını üstlendiğiniz 2015/66-Rev/2 dosya nolu "Tek taraflı dudak damak yarığı anomalisinin tedavisinde alveolar kemik grefti, maksiller genişletme ve protraksiyon uygulamalarının sonlu elemanlar analizi ile değerlendirilmesi" başlıklı çalışma kurumumuzun 27/04/2016 tarih ve 32 sayılı toplantısında görüşülerek etik yönden uygun bulunmuş olup, tutanaklar ekte sunulmuştur.

Bilgilerinizi rica ederim.

**Prof.Dr. Faruk Haznedaroğlu
İ.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Klinik
Araştırmalar Etik Kurul Başkanı**

Eki: İ.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmaları Etik Kurulu Karar Formu

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI

TEK TARAFLI DUDAK DAMAK YARIĞI ANOMALİSİNİN
TEDAVİSİNDE ALVEOLAR KEMİK GREFTİ MAKSİLLER
GENİŞLETME VE PROTRAKSİYON UYGULAMALARININ
SONLU ELEMANLAR ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

ORJİNALLİK RAPORU

% 4	% 3	% 1	% 1
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	files.facultyofdentistry.com İnternet Kaynağı	% 1
2	Submitted to Istanbul University Öğrenci Ödevi	<% 1
3	dent.ege.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
4	sudfd.selcuk.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
5	library.neu.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
6	acikarsiv.ankara.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
7	www.ejmanager.com İnternet Kaynağı	<% 1
8	dergipark.gov.tr	