



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
BEZMİÂLEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**FARKLI YARIK TİPİNE SAHİP DUDAK DAMAK YARIKLI
HASTALARDA ÜST ÇENE GENİŞLETMESİNİN OLUŞTURDUĞU
STRES ALANLARININ FEM ANALİZİ İLE İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Esra BÖLÜKBAŞI

Ortodonti Anabilim Dalı

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Berza YILMAZ

İSTANBUL-2017

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**FARKLI YARIK TİPİNE SAHİP DUDAK DAMAK YARIKLI
HASTALARDA ÜST ÇENE GENİŞLETMESİNİN OLUŞTURDUĞU
STRES ALANLARININ FEM ANALİZİ İLE İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Esra BÖLÜKBAŞI

Ortodonti Anabilim Dalı

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Berza YILMAZ

Bu araştırma Bezmialem Vakıf Üniversitesi Bilimsel Araştırma Birimi tarafından desteklenmiştir.

İSTANBUL-2017

TEZ ONAY FORMU

Kurum: Bezmialem Vakıf Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Programın seviyesi: Yüksek Lisans () Uzmanlık () Doktora (✓)

Anabilim Dalı: Ortodonti Anabilim Dalı

Tez Sahibi: Esra BÖLÜKBAŞI

Tez Başlığı: FARKLI YARIK TİPİNE SAHİP DUDAK DAMAK YARIKLI
HASTALARDA ÜST ÇENE GENİŞLETMESİNİN OLUŞTURDUĞU STRES
ALANLARININ FEM ANALİZİ İLE İNCELENMESİ

		İmza
Jüri Bşk. (Danışman)	Yrd. Doç. Dr. Berza YILMAZ Bezmialem Vakıf Üniversitesi / Ortodonti A.D.	
Üye	Prof. Dr. Alper ALKAN Bezmialem Vakıf Üniversitesi / Ağız Diş Çene Cerrahisi A.D.	
Üye	Prof. Dr. Gülnaz MARŞAN İstanbul Üniversitesi / Ortodonti A.D	
Üye	Prof. Dr. Korkmaz SAYINSU Kemerburgaz Üniversitesi / Ortodonti A.D	
Üye	Yrd. Doç. Dr. İlkin TUNCEL Bezmialem Vakıf Üniversitesi/Protetik Diş Tedavisi A.D	

Bu tez, Bezmialem Vakıf Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıda belirtilen jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../.....tarih ve/..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Semra ÖZÇELİK
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

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

İmza:

Esra BÖLÜKBAŞI

Tarih: ... / ... /2017

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince ve tezimin her aşamasında büyük bir sabır ve titizlikle yardımcı olan, çalışmalarım sırasında değerli görüş ve fikirlerine başvurduğum; her konuda anlayış ve hoşgörüsüyle desteğini hissettiğim bitmek bilmez enerjisi ve sevgisiyle hep yanımda olan danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Berza YILMAZ'a,

Meslek hayatıma katkılarının yanında tez çalışmamın ortaya çıkmasında değerli fikirleri ile bana destek olan ve emeği geçen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Sabri İlhan RAMOĞLU'na,

Bezmialem Vakıf Üniversitesi Ortodonti Bölümünde birlikte çalışma imkanı bulduğum hepsi birbirinden değerli Anabilim Dalımızın öğretim üyeleri Uzm. Dr. Hilal YILANCI, Yrd. Doç. Dr. Sertaç AKSAKALLI, Dr. Muhammet BİRLİK'e, arkadaşlık ve birlikteliğin en güzel şekilde paylaşılmasında katkısı bulunan tüm asistan arkadaşlarıma, klinik çalışmalarımızda düzeni titizlikle koruyan ve kollayan tüm hemşirelerimize, sekreterlerimize ve personelimize,

Doktora eğitimim boyunca ve tez çalışmamız sırasında, bir arada çalışmaktan mutluluk duyduğum çok sevgili arkadaşım Dt. Merve SUCU'ya,

Birlikte çalışmaktan büyük keyif aldığım dönem arkadaşlarım Betül TORLAK ve Fatih TEMUÇİN'e,

Hayatımın her döneminde beni destekleyip bugünlere gelmemi sağlayan, her konuda ilgi ve sevgilerini hissettiğim, bilgi ve deneyimlerine danıştığım canım anne ve babama,

Ortak bir hayatı paylaşmaktan mutluluk duyduğum, doktora eğitimim boyunca fedakarlık gösterip, anlayış ve özveriyle her daim yanımda olan sevgili eşim Mehmet Akif BÖLÜKBAŞI'ya

Doktora eğitimi boyunca bana destek sağlayan Tübitak Bilim İnsanı Yetiştirme Daire Başkanlığı (BİDEB)'na,

Sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Esra BÖLÜKBAŞI

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	v
TABLolar LİSTESİ	ix
RESİMLER LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	xii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Dudak Damak Yarıkları	2
2.1.1. Tanım ve Patogenez	2
2.1.2. Etiyoloji	2
2.1.3. İnsidans.....	3
2.1.4. Embriyolojik Gelişim.....	4
2.1.5. Sınıflama	5
2.1.6. Dudak Damak Yarıklarının İskeletsel ve Dental Etkileri.....	7
2.1.7. Dudak Damak Yarıklarında Tedavi Protokolü.....	12
2.1.8. Dudak Damak Yarıklarında Ortodontik Yaklaşım.....	14
2.2. Sonlu Elemanlar Analizi	16
2.2.1. Sonlu Elemanlar Analizi İle İlgili Bazı Temel Kavramlar	17
2.2.2. Sonlu Elemanlar Metodunun Modelleme ve Çözüm Basamakları	19
2.2.3. Sonlu Elemanlar Analizinin Avantajları ve Dezavantajları	23
2.2.4. Sonlu Elemanlar Analizi İle Kafatasının Modellendiği Çalışmalar	23
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	26
3.1. Üç-Boyutlu Sonlu Eleman Modelinin Oluşturulması	26
3.1.1. Geometrik Model	26
3.1.2. Matematik Model	31

3.1.3. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması	33
3.1.4. Sınır Koşullarının Belirlenmesi	33
3.2. Hızlı Üst Çene Genişletmesi İşlemi (RME) ile Maksiller Genişletmenin Tanımlanması.....	34
3.3. Çalışmada Değerlendirilen Anatomik Bölgeler	35
3.4. Analizlerin Yapılması ve Sonuçların Alınması.....	38
4. BULGULAR	39
4.1. Tek Taraflı Komple Dudak Damak Yarıklı Modele Ait Bulgular	39
4.1.1. Yer Değiştirme Dağılımı	39
4.1.2. Von Mises Gerilme Dağılımı	47
4.2. Çift Taraflı Komple Dudak Damak Yarıklı Modele Ait Bulgular	49
4.2.1. Yer Değiştirme Dağılımı	49
4.2.2. Von Mises Gerilme Dağılımı	56
4.3. İzole Damak Yarıklı Modele Ait Bulgular.....	58
4.3.1. Yer Değiştirme Dağılımı	58
4.3.2. Von Mises Gerilme Dağılımı	65
5. TARTIŞMA.....	67
5.1. Gereç ve Yöntemin Tartışması.....	68
5.1.1. Eleman Tipinin Tartışması	68
5.1.2. Eleman Sayısının Tartışması	69
5.1.3. Malzeme Özelliklerinin Tartışması	69
5.1.4. Sınır Koşullarının Tartışması	71
5.2. Bulguların Tartışması.....	71
5.2.1. Antero-Posterior Düzlemde Yer Değiştirme Dağılımının Tartışması	71
5.2.2. Transversal Düzlemde Yer Değiştirme Dağılımının Tartışması	73

5.2.3.	Vertikal Düzlemde Yer Değiştirme Dağılımının Tartışması.....	75
5.2.4.	Von Mises Gerilme Dağılımının Tartışması	77
6.	SONUÇ ve ÖNERİLER	81
7.	ÖZGEÇMİŞ	84
8.	KAYNAKLAR.....	85



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Hounsfield Unit değerleri (HU değerleri).....	27
Tablo 2: Çalışmada kullanılan Young modülü ve Poisson oranları	33
Tablo 3: Tek taraflı DDY hastasına ait modelde yer değiştirme ve von Mises gerilme değerleri.....	40
Tablo 4: Çift taraflı DDY hastasına ait modelde yer değiştirme ve von Mises gerilme değerleri.....	50
Tablo 5: İzole damak yarıklı hastaya ait modelde yer değiştirme ve von Mises gerilme değerleri.....	59



RESİMLER LİSTESİ

Resim 1: DICOM verilerinin koronal, sagittal ve aksiyal kesitlerde görüntülenmesi ve kemiğin eşik değerleri seçilerek görüntünün yapılandırılması	27
Resim 2: MIMICS programı ile kesitlerdeki kusurların giderilmesi	28
Resim 3: Kraniyofasiyal suturların modellenmesi	28
Resim 4: Kraniyofasiyal suturlara göre kemik dokunun segmentasyonu.....	29
Resim 5: Dişlerin modellenmesi	29
Resim 6: Periodontal ligamentin modellenmesi	30
Resim 7: “Optimize mesh” komutu ile iyileştirilmiş ağ yapısı ve yüzey kalitesi.....	31
Resim 8: “Smart brush” komutu ile iyileştirilmiş ağ yapısı ve yüzey kalitesi	31
Resim 9: Sonlu eleman ağının oluşturulmasında kullanılan eleman tipi, 1-10 elemanın sahip olduğu düğüm noktaları; A,B,C,D elemana ait yüzeyler	32
Resim 10: Ağ yapısı tamamlanmış sonlu elemanlar modeli.....	32
Resim 11: Sınır koşulları	33
Resim 12: Apareyin ideal yerleşim yerinin belirlenmesi.....	34
Resim 13: Çalışmada değerlendirilecek anatomik bölgeler	37
Resim 14: Tek taraflı DDY hastasına ait modelde antero-posterior düzlemde yer değiştirme dağılımı	41
Resim 15: Tek taraflı DDY hastasına ait modelde transversal düzlemde yer değiştirme dağılımı	44
Resim 16: Tek taraflı DDY hastasına ait modelde vertikal düzlemde yer değiştirme dağılımı	46
Resim 17: Tek taraflı DDY hastasına ait modelde von Mises gerilme dağılımı	48
Resim 18: Çift taraflı DDY hastasına ait modelde antero-posterior düzlemde yer değiştirme dağılımı	51
Resim 19: Çift taraflı DDY hastasına ait modelde transversal düzlemde yer değiştirme dağılımı	53
Resim 20: Çift taraflı DDY hastasına ait modelde vertikal düzlemde yer değiştirme dağılımı	55
Resim 21: Çift taraflı DDY hastasına ait modelde von Mises gerilme dağılımı	57

Resim 22: İzole damak yarıklı hastaya ait modelde antero-posterior düzlemde yer değiştirme dağılımı	60
Resim 23: İzole damak yarıklı hastaya ait modelde transversal düzlemde yer değiştirme dağılımı	62
Resim 24: İzole damak yarıklı hastaya ait modelde vertikal düzlemde yer değiştirme dağılımı	64
Resim 25: İzole damak yarıklı hastaya ait modelde von Mises gerilme dağılımı	66



KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

DDY: Dudak Damak Yarıkları

RME: Hızlı Üst Çene Genişletilmesi

DICOM: Digital Imaging and Communications in Medicine

MIMICS: Materialise's Interactive Medical Image Control System

DVT: Dental Volümetrik Tomografi

CAD: Computer Aided Design

PDL: Periodontal ligament

dyn: Dyne

gf: Gram-kuvvet

HU: Hounsfield unit

kg: Kilogram

kgf: Kilogram-kuvvet

mm: Milimetre

MPa: Megapaskal

N: Newton

Ni-Ti: Nikel-titanyum

oz: Ons

Pa: Paskal

sn: Saniye

FARKLI YARIK TİPİNE SAHİP DUDAK DAMAK YARIKLI HASTALARDA ÜST ÇENE GENİŞLETMESİNİN OLUŞTURDUĞU STRES ALANLARININ FEM ANALİZİ İLE İNCELENMESİ

ÖZET

DDY'li hastalarda sıklıkla kollabe maksillaya bağlı çapraz kapanış görülür ve bu sebeple hızlı üst çene genişletme işlemi uygulanmaktadır. Bu çalışmanın amacı, transversal yönde maksiller yetersizlik görülen farklı tipte yarığa sahip DDY'li hastada genişletme işlemi sonucunda oluşan değişikliklerin üç boyutlu sonlu elemanlar yardımı ile değerlendirilmesidir.

Çalışmada genç adolesan dönemde, üst çene darlığı olan tek taraflı, çift taraflı komple dudak damak yarığı ve izole damak yarığı olmak üzere 3 farklı tipte yarığa sahip hastanın tomografi görüntülerinden elde edilen üç boyutlu sonlu elemanlar modeli kullanılmıştır. 0,2 mm'lik genişletme sonucu von Mises gerilme dağılımı ve 5 mm'lik genişletme sonucu yer değiştirme dağılımları incelenmiştir.

Transversal yöndeki değişiklikler incelendiğinde en fazla ekspansiyonun çift taraflı yarığa sahip modelde gerçekleştiği gözlenmiştir. Benzer miktarda genişleme tek taraflı yarığa sahip modelin yarık içeren tarafında izlenmiştir. Daha az genişleme izole yarığa sahip hasta modelinde ve daha da az miktarda ise tek taraflı yarığa sahip hastanın yarık içermeyen tarafında kaydedilmiştir. Antero-posterior yönde tek taraflı yarığa sahip modelde incelenen yapıların posterior yönde yer değişimi eğilimi gösterdiği gözlenmiştir. İzole damak yarıklı modelde, orta hatta yer alan yapılar anterior yönde yer değiştirme eğilimi gösterirken, lateral bölgedeki yapıların ise posterior yönde yer değiştirme eğilimi gösterdiği gözlemlenmiştir. Çift taraflı komple dudak damak yarıklı modelde ise anterior yönde yer değiştirme eğilimi gözlenmiştir. Vertikal yönde çift taraflı yarığa sahip modelde anatomik yapıların inferior yönde yer değişimi eğilimde olduğu, izole damak yarığına sahip modelde ve tek taraflı yarığa sahip modelde orta hatta yakın yapıların inferior yönde yer değiştirme eğilimi gösterirken, lateral bölgedeki yapıların superior yönde yer değiştirme eğilimi gösterdiği saptanmıştır. İzole damak yarığına sahip hasta modelinde, stres en fazla nazal bölge civarında gözlenirken tek taraflı yarıklı hasta modelinde sutura zigomatikomaksillaris bölgesinde, çift taraflı yarığa sahip hasta modelinde ise sutura zigomatikotemporalis ve sutura zigomatikomaksillaris bölgelerinde biriktiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tek taraflı dudak damak yarığı; Çift taraflı dudak damak yarığı; İzole damak yarığı; Hızlı üst çene genişletmesi; Sonlu elemanlar analizi.

EVALUATION OF THE STRESS DISTRIBUTION DURING MAXILLARY EXPANSION IN PATIENTS WITH DIFFERENT TYPES OF CLEFT LIP AND PALATE USING THE FINITE ELEMENT ANALYSIS

SUMMARY

Maxillary expansion is often applied to cleft palate patients (CLPs) because of the posterior crossbite related to maxillary transverse deficiency. The purpose of this study was to evaluate the displacement pattern and stress distribution in the craniofacial complex using rapid maxillary expansion appliance in three patients with different types of CLP using finite element analysis (FEA).

The construction of the three-dimensional finite element model was based on computer tomography scans of CLPs who needs maxillary expansion. Von Mises stress distribution after 0.2 mm expansion and displacement distributions after 5 mm expansion were investigated.

The highest amount of transverse expansion was recorded for the bilateral cleft model. Similar expansion amount has been observed in the affected side of the unilateral cleft model. Less expansion was recorded in the isolated cleft patient model and finally in the non-affected side of the in unilateral cleft patient's model.

Anatomical structures expressed posterior displacement tendency in the unilateral cleft models in the anteroposteriorly plane. In the isolated palate cleft model, structures close to the midline showed anterior displacement, while structures in the lateral parts showed posterior displacement. Structures showed anterior displacement tendency in bilateral complete cleft lip and palate model. Anatomic structures in the bilateral cleft model showed inferior displacement tendency; while in the isolated cleft palate and unilateral cleft models only the structures close to the midline showed inferior displacement. The lateral structures in those two models showed superior displacement tendency. In matter of stress accumulation areas, the highest values were recorded in the nasal area for the isolated CLP model, in suture zygomaticomaxillaris area for the unilateral cleft patient model in suture zygomaticotemporalis and suture zygomaticomaxillaris areas for the the bilateral cleft patient model.

Key Words: Unilateral cleft lip and palate; Bilateral cleft lip and palate; Isolated cleft palate; Rapid maxillary expansion; Finite element method.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Fonksiyonel, fizyolojik, sosyolojik problemleri beraberinde getiren ve baş boyun bölgesinde en sık görülen doğumsal anomali dudak damak yarıklarıdır. Oluşumunda hem çevresel hem de genetik faktörlerin rol aldığı dudak damak yarıklarında, kaynaşmanın oluşmadığı bölgelere göre farklı yarık tipleri oluşmaktadır [1, 2].

Dudak damak yarıklı hastalarda yarığın onarımı sonucunda oluşan skar dokusu, yetersiz oklüzyon ve çiğnemenin tam olarak yapılamaması maksiller gelişim yetersizliği oluşmasına neden olan faktörlerden olup maksillanın sagittal, vertikal ve transversal yönde kollapsına sebep olmaktadır. Kollabe maksillaya sahip dudak damak yarıklı hastalarda sıklıkla çapraz kapanış görülür ve bu sebeple hastalar maksiller genişletme adaylarıdır [3, 4].

Biyomekanik etkilerin incelenmesinde etkin bir araştırma aracı olarak kabul edilen sonlu elemanlar analizi, mühendislik ve havacılık sanayisinde kapsamlı olarak, diş hekimliğinde de kompleks problemlerin çözümünde analitik bir sistem olarak kullanılmaktadır [5]. Sonlu elemanlar analizinin dental sistemlere uygulanabilirliği saptandığından beri, bu konuda farklı tedavi uygulamalarını içeren çalışmalar artmıştır [6].

Sonlu elemanlar analizi metodunda, sayısal model sonlu sayıdaki elemanlardan oluşmaktadır. Bu elemanların düğüm noktaları ile yaptıkları bağlantılara bağlı olarak, tüm yapıdaki deformasyon miktarı ve bu durumdan elde edilen değişkenler, yer değiştirmeler ve birim şekil değişimleri incelenebilmektedir. Sonlu elemanlar analizinin en büyük avantajı canlı bireylerde ölçmenin mümkün olmadığı alanlardaki değişimi tahmin edebilme yeteneğidir [7-9].

Bu çalışmanın amacı, transversal yönde maksiller yetersizlik nedeniyle, hızlı üst çene genişletmesi (Rapid Maxillary Expansion (RME)) uygulanacak üç farklı tipte yarığa sahip dudak damak yarıklı hastalarda genişletme işlemi sonucunda oluşan değişikliklerin, gerilme ve yer değiştirme dağılımlarının karşılaştırmalı olarak araştırılması ve yarık tipi ile ilişkisinin incelenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Dudak Damak Yarıkları

2.1.1. Tanım ve Patogenez

Embriyonel hayatın organogenez safhasında, üst dudak ve damağı oluşturacak tomurcukların normalde kaynaşması beklenir. Ancak bu kaynaşma esnasında oluşan duraklamalar sonucunda dudak, damak ya da dudak damak yarığının (DDY) birlikte görüldüğü gelişim bozuklukları meydana gelebilir [2].

2.1.2. Etiyoloji

Oluşumunda çevresel ve genetik faktörlerin rol aldığı düşünülmekte olan DDY'nin etiyojisi kesin olarak bilinmemekle birlikte multifaktöriyel olduğu kabul edilmiştir [1, 10].

İkiz çalışmaları, alel analizleri, kalıtım modeli çalışmaları, hayvan modelleri ile genetik faktörlerin DDY oluşumu üzerine etkilerini inceleyen genetik araştırmalar yapılmıştır [11-14]. Yapılan çalışmalarda 1, 2, 3, 4, 6, 11 ve 13. kromozomlarda, sendromik olmayan orofasiyal yarıklarla bağlantılı olduğu gösterilen gen bölgeleri bulunmuştur; fakat yarıklardan sorumlu genler ile ilgili kesin bir sonuca ulaşılammıştır [15].

Yapılan araştırmalar sonucu ebeveynlerden herhangi birinde dudak veya damak yarığı varsa, çocuklarında DDY görülme ihtimali ortalama %5 bulunmuştur [16]. DDY'li hastaların kardeşlerinde DDY görülme ihtimali normal popölasyona göre 30 kat daha fazla iken, çift yumurta ikizlerinde bu oran %3-6, tek yumurta ikizlerinde %25-45 olduğu bildirilmiştir [16]. Tek yumurta ikizlerinde %100 uyumluluğun olmaması çevresel faktörlerin etkinliğini ön plana çıkarmıştır [16, 17].

DDY'nin etiyojisi ile ilgili son dönemde yapılan çalışmalarda, DDY'li çocuk sahibi olma riski ile hamileliğin ilk 3 ayında sigara kullanımı arasında anlamlı bir ilişki olduğu gösterilmiştir. Araştırmalarda; sigara kullanmayanlara oranla, sigara kullanan annelerin daha düşük folat değerine sahip olduğu ve bu nedenle DDY'li çocuk sahibi olma risklerinin daha fazla olduğu bildirilmiştir. Buna ek olarak hamilelik döneminde alkol kullanımının da DDY riskini arttırdığı rapor edilmiştir [16-18].

Annenin gebelik sürecinde geçirdiği ateşli hastalığa neden olan viral ve bakteriyel enfeksiyonlar, fenitoin, diazepam, kortikosteroidler, salisilatlar, aminopterin, busulfan gibi ilaçların kullanılması, annenin yaşı, jinekolojik ve menstruel bozukluklar, annenin diabetik olması, A vitamini eksikliği veya fazlalığı, radyasyona maruz kalması gibi birçok faktör DDY oluşumunda öne çıkan diğer çevresel faktörlerdendir [14, 19, 20].

Hamilelik döneminde annenin beslenme kalitesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle bu dönem ve öncesinde alınan folik asit, DDY insidansının azaltılmasında önemli rol oynar [18]. Hamilelik öncesinde 2 ay ve hamilelik başlangıcını takip eden 3 ay boyunca 0,4 mg/gün doz folik asit veya folik asit içeren multivitamin preparatlarının kullanılması yarık görülme riskini %25-50 oranında azalttığı bildirilmiştir [14, 21, 22].

2.1.3. İnsidans

DDY en sık rastlanan kraniyofasiyal anomalilerdendir [23-25]. Bugüne kadar bu kraniyofasiyal anomalilerin yaygınlığı ile ilgili birçok epidemiyolojik araştırma yapılmıştır. Bu araştırmaların sonucunda etnik ve ırksal varyasyonlar saptanmıştır [26-30].

Dudak yarıklarının ve dudak damak yarıklarının en sık görüldüğü popülasyonun Asya popülasyonu olduğu ve her 1000 doğumda 0,79- 3,74 oranında ortaya çıktığı, beyaz ırkta ise bu oranın 0,91-2,69 olduğu bulunmuştur. En az görüldüğü popülasyon ise Afrika popülasyonu olup oranın 0,18-1,67'ye düştüğü rapor edilmiştir [14, 21, 31-33]. İzole damak yarığı insidansı ise ırksal olarak homojendir ve ortalama olarak 1000 doğumda 0,5 oranında görüldüğü rapor edilmiştir [34].

Türkiye genelinde DDY insidansı ortalama 1000 doğumda 0,95 bulunmuşken, izole damak yarığı ise 1000 doğumda 0,77 olarak bulunmuştur [35].

Diğer bir çalışmada, cinsiyet açısından değerlendirildiğinde; DDY'nin erkeklerde, kadınlara oranla 2 kat fazla görüldüğü bildirilirken, izole damak yarıklarına kadınlarda daha fazla rastlandığı bildirilmiştir [35].

Tek taraflı yarıkların %70'i sol tarafta gözlenmiştir [35]. Sol taraflı olguların erkeklerde, sağ taraflı olguların ise kadınlarda daha fazla olduğu ve tek taraflı olguların çift taraflılara göre daha çok görüldüğü rapor edilmiştir [36].

2.1.4. Embriyolojik Gelişim

Sağlıklı bir bireyde dudak ve damak gelişimi, hücrelerin göç etmesini, büyüyüp farklılaşmasını ve apoptozise uğramasını içeren olayların programlı bir şekilde ilerlemesi ile oluşur [37]. DDY'li bir bireyde ise normal embriyogenezis esnasında meydana gelen fasiyal çıkıntılar veya palatin rafların yetersiz teması veya hiç birleşmemesi nedeniyle farklı tiplerde yarık formları oluşur [38].

Yüzün şeklini verecek olan primordial yapılar 4. haftada, stomodeum adı verilen primitif oral boşluk çevresinde oluşmaya başlar. Bu yapılar stomodeumun lateral kısmında yer alan bir çift maksillar, stomodeumun kaudalinde yer alan bir çift mandibular ve stomodeumun üst sınırını oluşturan frontonazal çıkıntıdan oluşur. Maksiller ve mandibular çıkıntılar içinde bulunan hücre grupları 4. hafta içinde bu bölgelere göç etmiş olan nöral krest hücrelerinin çoğalması ile oluşurlar ve yüzdeki kıkırdak, bağ dokusu, kemik ve ligament yapılarını meydana getirirler [37, 39, 40].

Frontal çıkıntıdan optik veziküller, nasal kısımdan ise stomodeumun sefalik bölümü oluşmakta ve burun oluşumuna katkıda bulunmaktadır [39]. İlk aşama alt çene ve alt dudağın oluşmasıdır. Her iki mandibular çıkıntının orta hatta birleşmesi sonucu 4. hafta sonunda gelişimin büyük bir kısmı bitmiş olur [39].

Maksiller çıkıntı içinde bulunan mezodermal hücrelerin çoğalarak mediyale ilerlemesi sonucu orta hatta birleşen mediyal nasal çıkıntılar intermaksiller segmenti oluşturur. İntermaksiller segmentten; üst dudak filtrumunu oluşturan labial kısım (prolabium), primer damak ve maksiller dört kesici dişi taşıyan alveolar bölge (premaksilla) oluşmaktadır. Üst dudak; intermaksiller segment ile her iki maksiller çıkıntının birleşmesi sonucu meydana gelir. [39].

Esas olarak maksiller çıkıntılardan köken alan palatin rafe olarak bilinen uzantılar gelişimin 6. haftasında ortaya çıkarlar. Dilin her iki yanında önce oblik olarak aşağı doğru uzanırlar, 7. haftada ise dilin üzerinde horizontal bir konum alarak orta hatta birleşmeye başlayarak sekonder damağı oluştururlar. Damak gelişimi 12. haftaya kadar sürer, 6-9. haftalar arasındaki dönem DDY anomalilerinin gelişmesi açısından önemli bir zaman dilimidir [40, 41].

2.1.5. Sınıflama

Sınıflama; teşhis ve tedavi planlamasında ve diğer branşlarla iletişim açısından önemli bir araçtır. DDY oldukça heterojen formda görülebildiği için deformiteyi herkesin anlayabileceği şekilde detaylı sınıflandırmak önemlidir. Bu nedenle yıllardır disiplinler arası iletişimi sağlayacak, anlaşılması kolay ve deformasyonu tüm detaylarıyla anlatan bir sınıflama oluşturabilmek için çalışmalar yapılmış ve pek çok araştırmacı kendi sınıflama yöntemini tanıtmıştır [42].

Davies ve Ritchie 1922 yılında basit bir sınıflama oluşturmuşlardır. Sınıflamada yarıklar alveolar çıkıntılarla olan ilişkilerine göre prealveolar, postalveolar ve alveolar olmak üzere 3 morfolojik grupta incelenmiştir [43].

Veau tarafından 1931 yılında geliştirilen sınıflamaya göre Veau 1 izole yumuşak damak yarığı, Veau 2 inkomplet yumuşak damak yarığıyla beraber sert damak yarığı, Veau 3 tek taraflı dudak-alveol-damak yarığı, Veau 4 ise çift taraflı dudak-alveol-damak yarığını tarif etmektedir. Bu sınıflamanın dezavantajı izole dudak yarıklarını sınıflamaya dahil etmemesidir [44]. Lova sınıflaması Veau sınıflamasının varyasyonu olarak çıkmış ve dudak yarığını da sınıflamaya dahil etmiştir [45].

Kernahan ve Stark 1958'de deformiteleri embriyonel oluşum teorisine göre ayırmış ve insisiv foramenin, primer ve sekonder damak yarıkları arasındaki embriyolojik sınır olduğunu kabul etmiştir. Bu sınıra göre; üst dudak ve filtrum, kolumella ve burun ucu kıkırdakları, nostril tabanı, alveolar segment, premaksiller segment, anterior nazal spina ve dört kesici dişi içeren bölümü primer damak, sert ve yumuşak damaktan oluşan insisiv foramenin arkasındaki yapılar sekonder damak olarak adlandırılmıştır [46]. Kernahan ve Stark'a göre DDY sınıflaması aşağıdaki gibidir:

a) Sadece Primer Damak Yarıkları

- _ Unilateral (komplet, inkomplet)
- _ Median-komplet (premaksilla yok), inkomplet (premaksilla rudimenter)
- _ Bilateral (komplet, inkomplet)

b) Sadece Sekonder Damak Yarıkları

- _ Komplet

_ İnkomplet

_ Submüköz

c) Primer ve Sekonder Damağın Birlikte Yarıkları

_ Unilateral (komplet, inkomplet)

_ Median (komplet, inkomplet)

_ Bilateral (komplet, inkomplet) [46].

Şematik olarak ilk sınıflamayı 1966 yılında Pfeifer yapmıştır. Komplet ve inkomplet yarığı belirtmek için sırasıyla şeritler ve noktalamalar kullanmıştır [47].

Daha sonra Kernahan 1958 yılında yaptığı embriyolojik sınıflandırmayı şematik hale dönüştürmüş ve 1971 yılında yeni bir sınıflama metodu oluşturarak bu metodu bölmeli bir -Y- şeması üzerinde tanımlamıştır. Kolay ve anlaşılır bir yöntem olmasından dolayı geniş kabul görmüştür. Bu şemada -Y-'nin çatallaşma noktası foramen insisivumu simgelemektedir, foramen insisivumun önünde kalan kısım primer damağı, arkasında kalan kısım ise sekonder damağı ifade etmektedir. Primer damak kısmı da sağ ve sol olarak ikiye ayrılmıştır. Uzun kol yumuşak ve sert damağı göstermektedir. Yarık olan bölgeyi belirtmek için ilgili kutucuk noktalanmıştır. Vakada submüköz yarık olduğu durumlarda, kutu noktalanmak yerine çizgilerle işaretlenmiştir. Median yarık olduğu durumlarda -Y-'nin tam ortasından şemaya dik bir çizgi çizilerek yarık simgelenmiştir. İzole dudak yarığını simgelemek için ise -Y-'nin kolları arasına bir -S- çizerek gösterilmiştir. Dudak yarığının minimal olduğu durumları simgelemek için herhangi bir işaret kullanılmamıştır. Bu sınıflamanın dezavantajları; fistül formasyonunun ve palatal deformitelerin detaylandırmasının yeterli olmayışı, velofaringeal yetmezlikten bahsedilmemesi gibi eksikliklerdir [46, 48-51].

1973 yılında Elsahy ve arkadaşları bölünmüş Y şemasını modifiye ederek palatal segmentlerin yer değiştirmesi, premaksillanın protrüzyonu ve velofaringeal yetmezlik durumlarını bu çizimle gösterilebilir hale getirmişlerdir [49].

Millard ise 1977'de -Y- şemasını biraz daha modifiye edip -Y- nin önüne burun kanatlarını temsil eden iki adet ters üçgen eklemiştir. Bu bölgelerdeki deformite varlığı horizontal şeritlerle işaretlenerek gösterilmiştir [52].

Friedman ve arkadaşları 1991 de, bu şemaya prolabium ve velofaringeal kapanma fonksiyonunu eklemiştir ayrıca yarık bölgelerini noktalama yöntemi ile işaretlemek yerine, yarığın şiddetini belirtmek için dijital ortama aktarılabilmesi mümkün olan sayısal kodlama kullanılmıştır [53].

1991 yılında İngiltere’de de Kernahan’ın -Y- şemasından esinlenerek Otto Kreins tarafından geliştirilen LAHSHAL sınıflaması (L=sağ dudak, A= sağ alveol, H= sağ sert damak, S= yumuşak damak, H= sol sert damak, A= sol alveol ve L= sol dudak) İngiliz Royal Kolej cerrahları tarafından kabul edilmiştir. Bu sistem ICD-10 ile uyumlu olup, Amerika’da veri girişi amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Harflerin büyük yazılması, yarığın komplet olduğunu, küçük yazılması ise inkomplet olduğunu göstermektedir [54].

Perry Rossell ve ekibi de 2009 yılında ‘Tüm yarık çeşitlerinde aynı tedaviyi mi uygulayacağız?’ sorusuyla yola çıkmış ve bu sorunun cevabı olarak tüm yarık morfolojilerinin farklı olduğunu ve bunların ifade edilmesinde yaşanan sorunlar sebebiyle, tek tek anatomik bölgelerdeki deformitelerin derecesine ve önerilen cerrahi onarıma göre yeni bir sınıflama olan ‘The Clock Diagram’ oluşturmuşlardır. Sınıflama sisteminin protokolü Perry Rossell tarafından opere edilen DDY’li 1043 hastadan elde edilen cerrahi sonuçlara göre belirlenmiştir [55].

2.1.6. Dudak Damak Yarıklarının İskeletsel ve Dental Etkileri

DDY hastalarında, anormal kraniyofasiyal gelişim morfolojisinin oluşumu ile ilgili farklı görüşler bulunmaktadır. Bunlar; intrinsek gelişimsel yetersizlikler, fonksiyonel eksiklikler ve cerrahi tedaviden kaynaklanan iatrojenik faktörler olup bu faktörlerin kombinasyonları şeklinde de ortaya çıkabilmektedir [56]. İntrinsek gelişimsel yetersizlikler embriyolojik gelişim ve maksillanın büyüme potansiyelini kapsamaktadır. Fonksiyonel eksiklikler ise yapıların gelişimini durdurmakta ve durumun şiddetlenmesine yol açmaktadır. Dudak damak onarımları ile fonksiyonel eksiklikler giderilebilmektedir. İatrojenik faktörlerin maksillofasiyal gelişimi etkileyen en önemli etken olduğu belirtilmiştir [56]. Literatürde dudak damak yarıklı bireylerde fasiyal morfolojinin gelişimini araştırmak için opere edilmemiş yarıklı hastalar ile normal bireylerin karşılaştırıldığı araştırmalar mevcuttur. Pek çok araştırmacı, hiçbir tedavi görmemiş erişkin DDY’li bireylerin normale oldukça yakın maksillofasiyal morfolojiye sahip olduğunu kanıtlayan çalışmalar yayınlamıştır [56-59].

DDY' li bireylerde fasiyal büyüme sırasında meydana gelen değişiklikleri incelemek adına yapılmış olan kapsamlı ve multidisipliner araştırmalardan biri Sri Lanka projesidir [60]. 13 yaş üzeri 55 tek taraflı, 23 çift taraflı ve 41 izole damak yarığı bulunan opere edilmemiş birey ile 119 sağlıklı birey karşılaştırılmıştır. Tek taraflı yarığa sahip hastalarda overjette artış, procline kesici dişler ile karşılaşmıştır, bukkal çapraz kapanış nadir görülmüştür, kranial kaide uzunluğunun normal ve maksillanın mandibulaya göre protruziv olduğu gösterilmiştir. Çift taraflı yarığa sahip hastalarda ise maksillanın oldukça protruziv olduğu, azalmış ramus yüksekliği, azalmış kranial kaide uzunluğu, azalmış üst anterior ve posterior yüz yüksekliği gibi intrinsek büyüme yetersizliklerinin olduğu belirtilmiştir. İzole damak yarıklarında ise intrinsek büyüme yetersizliğinin daha şiddetli olduğu rapor edilmiştir. İzole yarıklı hastalarda maksiller ve mandibular dental ark ilişkileri normal bulunmuş ancak bimaxiller retrüzyonla beraber maksillanın kısa, mandibulanın da küçük olduğu, anterior ve posterior yüz yüksekliklerinin de azalmış olduğu belirtilmiştir [60].

Kapucu ve ark [61], yaptığı araştırmalar sonucunda, izole damak yarığı operasyonunun maksiller morfolojiyi etkilemediğini bildirmiştir. Ancak, dudak ve damak yarığının beraber görüldüğü vakalarda, damak yarığı operasyonunun maksiller morfolojiyi olumsuz etkileyip etkilemediğinin kesin olarak kanıtlanmadığını da belirtmiş, buna karşın dudak yarığı operasyonunun maksillofasiyal morfolojiyi etkileyeceğini ve deformiteyi tek başına da oluşturabileceğini bildirmiştir.

Bajrami ve ark. [62], erken yapılan dudak ameliyatının maksillofasiyal gelişim üzerinde olumsuz bir etki oluşturmadığını bildirmişlerdir. Davies [63] ise doğumu takiben yapılan dudak ve damak ameliyatları sonucunda bireylerde maksiller daralmada artış olduğunu bildirmiştir. Pruzansky [64] ve Wada ve Miyazaki [65] erken dudak ameliyatı sonucu alveol yarığında hızlı bir daralma ile beraber palatal segmentlerde de daralma meydana geldiğini gözlemlemişlerdir.

DDY'li hastalarda kranial kaide morfolojisini inceleyen birçok araştırma yapılmıştır. Haris [66] çalışmasında, izole dudak ve/veya damak yarıklı bireylerde kranial kaide uzunluklarının normalden farklı olmadığını, ancak orbital açı (orbital düzlem ve klival düzlemin-klivusa teğet çizilen düzlem- oluşturduğu açı) ve kranial kaide (N-S-Ba) açısının daha küçük olduğunu, ayrıca kranial kaidenin de daha eğimli olduğunu rapor etmiştir. Moss [67] bu durumu, "dysostosis sphenoidalis" olarak isimlendirmiş ve izole damak yarığı grubu ile normal

bireylerden oluşan kontrol grubu arasında yaptığı karşılaştırmada Planum açısı (Planum sphenoidale-sfenoid sinüs çatısı ve sfenoidin küçük kanadı arası düzlem- ve klival düzlemin yaptığı açı) farkını 14° olarak saptamıştır. Sandham ve Chang [68] DDY'li bireylerde, yarık içermeyen Angle Sınıf I maloklüzyonlu kontrol grubuna göre belirgin olarak daha küçük klivus uzunluğuna rastlamıştır bununla birlikte yarığı olmayan bireylerde kraniyal kaide açısında belirgin bir fark olmadığını bildirmişlerdir. Mars ve Houston [69] ise çalışmalarında, kraniyal kaide değerlerinin bir farklılık göstermediğini belirtmiştir. Aynı şekilde Horswell ve Gallup [70] da, yarık içermeyen grup ile karşılaştırıldığında yarık içeren tüm gruplarda kraniyal kaide açısının benzer olduğunu bildirmiştir. Molsted ve ark., komple yarığa sahip çocuklarda sphenooksipital sinkondrozislerin inkomplet yarıklılara göre daha dar olduğunu ve sinkondrozislerin üst kenarı ile sella noktası arası olan mesafenin daha kısa olduğunu belirtmiştir [71].

Doğan ve ark. tek taraflı DDY'li Türk çocukları ile yarık içermeyen çocukları karşılaştırdıkları çalışmalarında; kafa kaidesi açısının arttığını, maksillanın daha kısa ve geride konumlandığını, mandibular ve gonial açının arttığını, üst anterior yüz yüksekliğinin arttığını, maksiller kesicilerin palatine devrildiğini, interinsizal açının arttığını, yumuşak doku profilinin konkavlaştığını, üst dudağın ince olduğunu ve burnun aşağı ve geriye yer değiştirdiğini bildirmişlerdir [72].

Singh ve ark. yarıklı ve yarıksız Sınıf I ve Sınıf III maloklüzyona sahip 9-17 yaş aralığında hastalar üzerinde 10,13 ve 16 yaş aralıklarında büyüme gelişim farklılıklarını incelemiştir. Yarıklı ve yarık içermeyen Sınıf I maloklüzyona sahip hasta gruplarında benzer kraniyofasiyal büyüme modeli gözlenmiştir. Yarık içermeyen Sınıf III maloklüzyona sahip grupta artmış kranial ve mandibular büyüme artışı gözlenirken, yarık içeren Sınıf III maloklüzyona sahip grupta ise kraniyal ve maksiller büyüme yetersizliği gözlenmiştir [73].

Maksiller büyümeyi etkileyen yarık varlığının yanı sıra diğer faktörler, yarığın tipi ve şiddeti, geçirilen operasyon sayısı, cerrahi zamanlaması, uygulanan cerrahi teknik, cerrahın tecrübesi, cerrahi öncesi uygulanan ortodontik tedavi ve konjenital lateral eksikliği olarak rapor edilmiştir [56, 74, 75].

Bishara yarık varlığında, orta yüzün normal büyümesini destekleyen yapıların ve normal fonksiyonların oluşturduğu optimal stimulusların eksikliği sebebi ile orta yüz büyümesinin etkilenebileceğini söylemiştir [75].

Chen ve ark. [76] ile Diah ve ark. [77] yaptıkları çalışmalar sonucunda opere edilmemiş DDY'li hastalarda gözlenen maksiller retrüzyonun intrensek faktör eksikliğinden kaynaklandığını yani maksillanın büyüme paterni kaynaklı olduğunu ayrıca bu durumun cerrahi travmalar ile daha da şiddetlendiğini belirtmişlerdir.

Palatal yarık şiddeti ile fasiyal büyüme arasındaki ilişki diğer faktörlere nazaran daha az incelenmiştir. Fasiyal gelişimden ziyade oklüzal ilişkiler üzerine yoğunlaşmış ve yarık genişliği ile dental ark ilişkileri arasında bir ilişki olmadığı rapor edilmiştir [78-80]. Peltomaki ve ark. ise yaptıkları çalışmanın sonucunda yarık genişliği ile maksillanın uzunluğu ve sagittal konumu arasında ilişki olduğunu; maksillanın gelişiminin tedavi tekniğinden ziyade yarık genişliğinden etkilendiğini belirtmişlerdir [81].

DDY hastalarının tedavisinde hem dudak hem de damak onarımı yapıldığı için cerrahi girişimlerin etkilerini birbirinden ayırmak oldukça zordur. Dudak onarımının erken dönem sonuçlarında maksiller segmentlerin anterior rotasyonunun engellendiği fakat onarım sonrası normal ark formunun tekrar oluştuğu gözlenmektedir [56]. Buna karşılık, uzun dönemde skar dokusunun kesici dişler ve alveol üzerinde oluşturduğu basınç, maksillanın anteroposterior vertikal ve transversal yön gelişimini etkilemektedir [56]. Tüm cerrahi girişimler içerisinde maksillanın büyümesini etkileyen en önemli cerrahi prosedürün palatal onarım olduğu düşünülmektedir [82]. Çünkü yarık onarımı esnasında geniş bir mukoperiostal flep kaldırılmakta ve iyileşme sırasında meydana gelen skar dokusu maksillanın büyümesini ve dental arkın gelişimini inhibe edebilmektedir. Buna bağlı olarak da kranial kaideye göre daha posteriora yer alan, dar ve kısa bir maksilla oluşmaktadır [82].

Damak operasyonlarının zamanlaması ile ilgili değişik görüşler bulunmaktadır. Bazı araştırmacılar [83-85] erken dönemde yapılan onarımların fonasyon üzerinde olumlu etkilerinin olduğunu savunurken; bazı araştırmacılar ise [86-88] erken dönemde yapılan onarımların maksillanın büyümesini olumsuz yönde etkilediğini bu sebeple ameliyatın ertelenmesi gerektiğini savunmaktadırlar. Ancak Ysunza ve ark. [89] erken onarımla oluşabilecek problemlerin ileride ortodontik tedavi ile düzeltilebileceğini savunmaktadır. Bazı araştırmacılar ise [90, 91] erken veya geç dönem damak onarımları arasında maksiller büyümeye ilişkin bir fark oluşmadığını belirtmişlerdir.

Ayrıca fasiyal büyümenin değerlendirilmesinde cerrahi tipinden ziyade cerrahın kabiliyetinin daha önemli olduğu belirtilmiştir. Doku ne kadar az travmatize edilirse büyüme gelişim o kadar az etkilenmektedir [82].

Alveol kretinin yarığa dahil olduğu hastalarda görülen dental anomaliler ise; dişlerde sayı ve şekil anomalileri, sürme zamanında gecikme ve mine tabakasının formasyon ve mineralizasyonunda anomalilerdir [92]. Sayı anomalileri içinde en sık görüleni konjenital diş eksiklikleridir [93]. Yapılan araştırmalarda hipodontinin görülme oranı %33-79 arasında değişkenlik gösterdiği belirtilmektedir [94]. En sık görülen maksiller lateral ve kanin diş eksiklikleridir. Diş eksiklerine yarık içeren alveol kemiği dışında da sağlıklı bireylerden daha fazla rastlanmıştır [95]. Her ne kadar DDY'li hastalarda hipodonti hiperdontiden daha yaygın görülse de özellikle unilateral yarıklı hastalarda yarığa komşu olan süt ya da daimi lateral kesiciler sıklıkla süpernumere olarak görülmektedir ve bu dişler çoğu vakada gömük kalmaktadır [95, 96].

Fishman, çalışmasında DDY hastalarında diş sürmesinin geciktiğini ve gecikmenin özellikle yarıktan etkilenen tarafta görüldüğünü belirtmiştir [97]. Zilberman, diş boyutlarının yarık içeren tarafta daha küçük boyutlarda olduğunu ve dental bozukluğun yarık bölgesinde lokalize olduğunu gözlemlemiştir [98]. Bohn da yapmış olduğu kapsamlı çalışmasında Zilberman'ın bu bulgularını desteklemiştir [99]. Hellquist ve ark. da yarıklı hastaların sadece %6,2'sinde normal şekil ve boyutta santral kesiciye rastlandığını bildirmiştir [100]. Normal popülasyon ile DDY hastalarını karşılaştıran çalışmalarda, diş eksikliği, şekil bozuklukları veya sürme yönü bozuklukları gibi diş anomalilerinin artış gösterdiği bildirilmiştir [101, 102]. Süt dentisyon ve daimi dentisyonun birlikte etkilenmesine karşın, daimi dentisyonda belirgin olarak daha yüksek oranda problem gözlenmektedir [92]. Hipodonti maksillada yarık olan tarafta diğer tarafa göre 3 kat daha fazla gözlenmiştir. Mandibulada ise iki taraf arasında farklılık saptanmamıştır [103]. DDY'li çocuklarda, süt ve daimi dentisyonda maksiller lateral dişlerin yarık bölgesinde en sık rastlanan eksik diş olduğu bildirilmiş buna ek olarak üst ikinci premolarların da normal popülasyona kıyasla daha sık eksik olduğu belirtilmiştir [104].

Eksik diş varlığı, alveolar kemikte atrofi oluşumuna ve premaksillada gelişim yetersizliğine sebep olur. DDY bulunan hastalarda anormal kas bağlantıları da dişlerin eksikliğiyle kombine edilir ve bu durum alveolar kemik gelişiminde negatif etki oluşturur [105].

Byloff-Clar ve Droschl, 168 DDY'den etkilenen hasta grubu ile 168 yarık bulunmayan hasta grubunu karşılaştırdıkları çalışmanın sonuçlarına göre; yarık olmayan grupta süpernumere diş görülmemişken, yarık olan grupta %12 oranında görülmüştür. Süpernumere diş çoğunlukla yarığın bulunduğu tarafta olmaktadır. Yirmi yaş dişleri hariç konjenital diş eksikliği; yarık bulunan grupta %65 ve yarık olmayan grupta %15 oranında görülmüştür. Yarık bulunan grupta %65 oranında görülen konjenital diş eksikliğinin ise; %54,9'unu çoğunlukla yarık tarafında bulunan üst yan kesici dişler, %18'ini üst ikinci küçük azılar ve %9,9'unu da üst orta kesici dişler oluşturmaktadır. Yarık olmayan grupta dişlerde şekil anomalisi gözlenmezken, yarık bulunan grupta %53 oranında şekil anomalisi görülmüştür. Bunlar da çoğunlukla yarığın olduğu tarafta buluna yan kesici dişler olarak rapor edilmiştir [106].

Dinçer ve ark. yaşları 13 ila 16 arasında değişen DDY'li 141 hasta üzerinde dental ve oklüzal anomalileri incelediği araştırmada, hastaların %53,9'unda çoğunlukla sol tarafta olmak üzere tek taraflı yarık, %46,1'inde ise çift taraflı yarık görüldüğünü bildirmiştir. Çift taraflı yarığı olan hastalarda; artmış overjet, overbite ve posterior çapraz kapanış ile birlikte daha çok Angle Sınıf II oklüzyon, tek taraflı yarığa sahip hastalarda ise; Angle Sınıf III oklüzyon ile beraber tek taraflı posterior çapraz kapanış ve negatif overjet belirlemişlerdir. Tek ve çift taraflı yarık bulunan hasta gruplarının her ikisinde de konjenital lateral kesici ve ikinci premolar eksikliği istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur [104].

Haring ise yaptığı çalışmada tek taraflı DDY hasta grubunda maksiller ve mandibular birinci molar dişlerin ve maksiller santral dişin sürme zamanında ve kök gelişiminde gecikme olduğunu saptamış, ayrıca diğer araştırmacıların bulgularına benzer şekilde yarık bölgesinde çoğunlukla lateral diş eksikliği olduğunu bildirmiştir [107].

Maciel ve ark. DDY'li çocuklarda maksiller santral kesicilerin bukkal yüzlerini mine defekti yönünden incelemiş ve yarık olan tarafta mine değişikliklerinin daha fazla olduğunu bildirmiştir [108]. Dahllof ve ark. mine hipomineralizasyonunun DDY'li grupta sağlıklı gruba göre artmış olduğunu belirtmiştir [109].

2.1.7. Dudak Damak Yarıklarında Tedavi Protokolü

DDY'li hastaların tedavisi doğumdan hemen sonra başlayan ve yetişkinlik dönemine kadar devam eden, disiplinler arası bir ekibin katılımını gerektiren, uzun bir süreçtir. Bu

multidisipliner tedavi ekibi; genetik uzmanı, plastik cerrah, oromaksillofasiyal cerrah, KBB uzmanı, ortodontist, pedodontist, konuşma terapisti, odyolog, psikolog ve beslenme uzmanından oluşur [110]. Tedavide en uygun fonksiyonel ve kozmetik sonuca ulaşılarak fiziksel defektin düzeltilmesi; aynı zamanda konuşma bozukluklarının düzeltilmesi, beslenme ve işitme fonksiyonlarının tatmin edici derecede sağlanması, dental ve ortodontik sorunların çözülmesi hedeflenir [34].

Dudak ameliyatı işlemi öncesi, birçok farklı aparey ile yapılacak olan ve cerrahi işleme hazırlığı içeren tedaviler, preoperatif maksiller ortopedi olarak adlandırılmaktadır. Erken tedavide öncelikli amaç bebeğin beslenmesinin sağlanmasıdır [40]. Tedaviye doğumu izleyen ilk günde, emme refleksi başlamadan ya da en geç bir hafta içerisinde başlamak başarı şansını arttırmaktadır. Beslenme plağı yumuşak dokunun kapanma işlemine kadar kullanılır [111]. Erken tedavi diş sürmesi dönemine kadar 3 safhada incelenebilir. Birinci safha, doğdukları günden itibaren 3. aya kadar süren ve cerrahi işlem içermeyen dönemdir. İkinci safha, 3.-12. aylar arasını kapsar ve dudak operasyonu ve bu işlemi takip eden dönemdir. Bebek açısından 10'lar kuralı olarak bilinen 10 pound ağırlığında, 10 gram/dl hemoglobine sahip ve en az 10. haftada gerçekleştirilen cerrahi işlemler güvenli kabul edilir [112]. Üçüncü safha ise 12. aydan itibaren olan ve primer damak onarımının yapıldığı dönemdir [113].

Operasyon öncesi ortopedik tedavi yaklaşımları 1920'li yılların başından beri araştırılmaktadır. 1927 yılında ilk olarak preoperatif ortopedik yaklaşımı Brophy tarafından uygulanmıştır. Brophy yarığın iki yanındaki alveolar segmentlere tel geçirip, teli kademe kademe sıkıştırarak iki segmenti birbirine doğru yaklaştırmıştır. İnvaziv bir yöntem olduğu için kısa sürede kullanımı bırakılmıştır [114].

Mc Neil 1956 yılında yeni bir tedavi yöntemi ortaya koymuştur. Bu yöntemde bebeğin doğumunu takiben ölçü alınarak alçı modeli yapılmaktadır. Elde edilen bu alçı model üzerinde, alveolar segmentlerin gelmesi gereken yerleri hesaplanarak alçı yeniden şekillendirilmiştir. Yeniden şekillendirilmiş alçı model üzerine akrilik plak yapılarak hastanın ağzına uygulanmış ve bu şekilde yarık boyutlarını küçültmesi hedeflemiştir [115].

1980 yılında Latham ise tedavi amaçlı yapmış olduğu plakların ortasına vida yerleştirmiş ve apareyi ağız içine pinler yardımı ile tutturmuştur, aparey ağız içine genel anestezi altında uygulanmıştır. Belirli aralıklarla vida çevrilerek istenilen hareket elde edildikten sonra yine genel anestezi altında ağızdan çıkartılmıştır. Bu plak, yarık

kapatılmasındaki başarısına rağmen uygulamanın invaziv olması ve diş germelerine zarar verme olasılığı yüzünden terkedilmiştir [116].

Gnoinski dış yüzeyi sert, iç yüzeyi yumuşak akrilikten hazırlanmış alveol şekillendirme plakları kullanmıştır [117].

Hotz'un görüşü ise dilin yarık segmenti içine girişinin engellendiği pasif uygulanan bir plak kullanımı yönündedir. Bu plağın kullanılması ve bebeğin büyüme gelişimi ile yarık segmentlerin daraldığını ileri sürmüştür [86].

Grayson ve arkadaşları nazoalveolar şekillendirme yöntemini tanıtmıştır [118]. Akrilik plağa aşamalı olarak yumuşak akrilik eklenip sert akriliğin çıkarılması ile alveolar çıkıntılar ve dudak pozisyonları düzeltimi yapılırken, plağın ekstraoral uzantılarından elastikler asılmakta ve genişlik 5 mm'nin altına düştüğünde plağa nazal stentler ilave edilerek burnun şekillendirilmesi sağlanmaktadır. Matsuo ve ark. da 1984 yılında yayınladıkları çalışmada maternal östrojenin, doğumu takip eden 6 hafta boyunca bebekte varolmasına bağlı olarak kıkırdak dokunun plastik deformasyona maruz kalabileceği ve dolayısıyla şekillendirilebileceğinin üzerinde durmuşlardır [119]. Böylelikle yarık segmentlerinin birbirine yaklaştırılması, kolumella boyunun uzatılması ve nazal kıkırdakların formlarının düzeltilmesi mümkündür [120, 121].

2.1.8. Dudak Damak Yarıklarında Ortodontik Yaklaşım

Maksillofasiyal gelişimin etkilenmesi ve operasyonu sonucunda oluşan skar dokusuna bağlı olarak DDY'li hastalarda maksillada sagittal, vertikal ve transversal yönde kollaps oluşmaktadır. Bu duruma diş eksiklikleri de eklenirse alveol kemiğinde atrofi ve premaksillanın gelişim yetersizliği gözlenir [3]. Çift taraflı dudak-damak yarıklarında nazolabial segment mandibulaya göre daha önde konumlanabilmekte ve genellikle maksillada posterior transvers yetersizlik gözlenmektedir [122, 123]. Tek taraflı dudak-damak yarıklarında orta yüzün anteroposterior gelişimi azalmış olup maksilla genellikle dardır [122-124]. Tek taraflı dudak-damak yarıklarında küçük olan alveolar segment sıklıkla çapraz kapanıktadır. Çift taraflı dudak-damak yarıklarında da her iki lateral segmentte sekonder damağın cerrahi onarımını takiben oluşan skar dokusu sebebiyle bunun yanı sıra yetersiz oklüzyon ve çiğnemenin tam olarak yapılamamasından dolayı çapraz kapanış gözlenmektedir [3, 4, 125].

RME, maksiller posterior dişlere lateral yönde kuvvet uygulanması ile maksillanın genişletilmesi işlemidir. Uygulanan basınç ile öncelikle periodontal ligamentte değişiklikler gözlenir ve alveolar parçalar laterale itilir, ankraj dişleri vestibül yönde eğerek midpalatal suturun açılmasını sağlar [126]. Kudlick yapmış olduğu kafatası çalışmasında sutura palatina medianın genişletilmesi sonucunda; sfenoid kemik bölgesinde ekspansiyona karşı direnç geliştiğini, bu yüzden sfenoid kemikte yer değiştirme söz konusu olmadığını ancak maksilla ile bağlantı yapan bütün kemiklerde yer değişimi görüldüğünü bildirmiştir [127].

Maksillanın genişletilmesi ile palatal segmentlerin çapraz kapanışı düzeltilir. Bunun için çok çeşitli genişletme apareyleri kullanılabilmektedir [128]. Haas apareyi [129], Hyrax apareyi [130], Quad-Helix apareyi [131], Minne expander [132], Akrilik cap splint [133], Hilgers apareyi [134], Nikel titanyum palatal expander [135], Asymmetric maxillary expansion (AMEX) [136] gibi apareyler en bilinenler arasında sayılabilir. Bu apareylerin kuvvet uygulayıcı parçalarının veya kuvvet uygulanan noktalarının farklılıklarına dayanan çok çeşitli modifikasyonları da mevcuttur.

DDY’li vakalarda çapraz kapanış ile birlikte maksiller ark kollapsı sık görülen bir bulgudur [4, 137]. Graber 1940’lı yıllarda DDY’li hastaların tedavisinde RME’nin etkili olacağını savunmuştur [138]. RME apareyleri, genellikle “V” şeklinde ve düzensiz darlık gösteren DDY’li bireylerde maksiller genişletme için uygun koşulları sağlayarak ovoid ark formu oluşturulmasına olanak sağlamalıdır [139]. Bu amaçla Quad-Helix, Coffin Spring, Hyrax, Nikel Titanyum Palatal Expander gibi farklı apareyler kullanılmıştır [140]. Yarıklı hastalarda Y Plate kullanımı çok tercih edilmemiştir [140]. Ricketts DDY’li hastalarda Quad-Helix apareyini kullanmayı önermiştir [131]. Bengi ve ark. ise bu olgularda maksiller genişletme amacıyla hafif ve sürekli kuvvetler üreten E-ark genişletme apareyini tavsiye etmişlerdir. Abdoney ise Nikel Titanyum Palatal Expander apareyini yarık damak hastalarında kullanmış ve başarılı sonuçlar elde etmiştir [141]. DDY’li hastalarda farklı ekspansiyon apareylerini karşılaştırdıkları çalışma sonuçlarına göre Nikel Titanyum Palatal Expander, Quad-Helix, Open Coil Spring ve Akrilik Cap Splintin etkilerini benzer bulmuşlardır [140].

2.2. Sonlu Elemanlar Analizi

Sonlu elemanlar analizi, cebirsel, diferansiyel ve integral denklemlere bağlı değişkenler ile biyomekanik sistemin gerçeğe uygun şekilde matematiksel modellerini oluşturup, bilgisayar yardımı ile modellerin çözümlenmesi esasına dayanan nümerik bir tekniktir [5, 8]. Her sistem aslında sonsuz sayıda birleşme noktasından oluşur ve bu durum çözümlmeyi imkansız kılar. Bu imkansızlığı yenmek için sonlu elemanlar yönteminde, analiz edilecek yapı sonlu sayıda düğüm noktası ile birbirine bağlanmış olduğu varsayılır. Bu şekilde düşünülerek problem sonsuz sayıda bilinmeyenden sonlu sayıda bilinen elemana indirgenmiş olur. Metod ismini buradan almıştır [142].

Sonlu elemanlar yöntemi 1943 yılında R. Courant tarafından geliştirilmiştir. Yapılan ilk çalışmalar, Hrennikoff ve McHenry tarafından öne sürülen iki boyutlu yarı analitik yöntemlere dayanmaktadır. Sonlu elemanlar terimini ilk kez 1960 yılında Clough kullanmıştır. Üç boyutlu problemlere uygulanması ise 1964 yılında olmuştur. 1965 yılında Poisson denklemi bu yöntem ile çözülmüştür [5, 142].

İlk olarak uçaklara ait karmaşık yapıdaki gerilmelerin hesaplanması için geliştirilmiş olsa da; daha sonra akışkanlar mekaniği, ısı transferi, akustik, elektromanyetizma ve biyomekanik gibi birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde inşaat ve makine mühendisliği gibi birçok mühendislik bölümünde, uzay çalışmaları, robot teknolojisi ve nükleer endüstri gibi ileri mühendislik çalışmalarında sık olarak kullanılmaktadır [8, 143].

Diş hekimliği alanında sonlu elemanlar analizi ile ilgili 1968 yılında Ledley ve Huang tarafından ilk çalışma yapılmıştır. Çalışmada matematiksel modeli oluşturulmuş dişe, farklı yönlerde kuvvetlerin uygulanması sonucu periodontal kemik dokuda meydana gelen stresler değerlendirilmiştir [144].

Ortodontide sonlu elemanlar analizi kullanımı 1971 yılında Davidian'ın üst orta kesici dişin teorik rotasyon merkezini bulmak için gerçekleştirdiği diş modeli ile başlamıştır. Bu çalışmada dişe uygulanan kuvvet sonucu periodonsiyumdaki mekanik cevap incelenmiş, rotasyon ve direnç merkezinin yerlerinin değişimi gözlenmiştir [145].

2.2.1. Sonlu Elemanlar Analizi İle İlgili Bazı Temel Kavramlar

Kuvvet

Bir cismin hareketini başlatan, değiştiren veya durduran herhangi bir etkiye kuvvet denir. Kuvvet vektörel bir büyüklük olup yön, şiddet ve doğrultu gibi özelliklere sahiptir [146, 147].

Newton'un ikinci kanunu kuvveti şu şekilde tanımlar:

$$\text{Kuvvet (F)} = \text{Kütle (m)} \times \text{İvme (a)}$$

Birimi; Newton(N), kilogram-kuvvet (kgf), gram-kuvvet (gf), ons (oz) veya dyne (dyn) cinsinden ifade edilebilir [148].

Gerilme (Stres)

Bir cisme kuvvet uygulanması sonucu, cismin iç yapısında moleküler düzeyde değişiklik oluşur. Gerilme, bir cismin dışarıdan uygulanan kuvvetlere karşı gösterdiği iç dirençtir. Kesit yüzeyi üzerindeki gerilme vektörünün yüzey normali doğrultusundaki bileşkesi normal gerilme olarak tanımlanır [149].

Esas olarak üç temel gerilme tipi meydana gelmektedir. Bunlardan ilki; cismin moleküllerini birbirine yaklaştırmaya zorlayan aynı doğrultuda ve ters yönde iki kuvvetin cismi etkilemesi ile oluşan basma gerilmesidir. İkincisi, cismin moleküllerini birbirinden ayırmaya çalışan, aynı doğrultuda fakat ters yönde iki kuvvetin cismi etkilemesi ile oluşan çekme gerilmesi tipidir. Son olarak da cismin moleküllerini, farklı seviyelerde ve ters yönde iki kuvvetin aynı anda kaymaya zorlamasıyla oluşan gerilme tipi, makaslama gerilmesidir [150, 151].

Cisimler genellikle karmaşık yüklerin etkisi altında kalırlar ve bu nedenle gerilme kesit yüzeyi boyunca değişim gösterir. Kesit yüzeyi üzerindeki her noktada ayrı bir gerilme durumu mevcuttur ve normal gerilme ile kayma gerilmeleri çoğu zaman aynı anda oluşur [152].

Gerilme (stress) birimi olarak uluslararası birim sistemine göre Pascal terimi (N/m^2) kullanılır [149, 153]. Ancak dış hekimliği dalında yapılan araştırmalarda, incelenen boyutların milimetrik olması nedeniyle genellikle Megapascal terimi (MPa veya N/mm^2) tercih edilmektedir ($1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$) [149].

Asal Gerilme (Principal Stress)

Tüm düzlemlerde makaslama gerilmelerinin sıfır olduğu ve tüm gerilmelerin sadece alana dik yönde ve normal gerilmelerden oluştuğu gerilmeler asal gerilmeler (Principal stress) olarak adlandırılır. Asal gerilme; maksimum, orta dereceli ve minimum asal gerilme olarak üçe ayrılır. Ancak yük uygulanan cisimlerde genellikle tek bir tip gerilme yerine üç tip gerilmenin bir arada bulunduğu birleşik gerilme hali görülmektedir [149].

Basma ve çekme gerilmelerinin dağılımı asal gerilme dağılımına göre incelenir. Maksimum asal gerilmeler pozitif değerdir ve çekme gerilmelerini ifade eder. Minimum asal gerilmeler negatif değerdir ve basma gerilmelerini ifade eder. Analizde, bir düğüm noktasında hangi gerilme şekli daha büyük mutlak değere sahipse o gerilme tipinin etkisi altındadır. [154]

Von Mises Gerilmesi (Von Mises Stress)

Von Mises gerilmesi enerji prensiplerinden elde edilmiş bir terimdir. Bu kritere göre, “yapının belirli bir bölümünde sahip olduğu iç enerji belirli bir değeri aştığında, yapı bu noktada şekil değiştirecektir” [155]

Von Mises gerilmesi, çekilebilir materyallerde gerilme kriterinin belirlenmesinde kullanılır. İki veya üç boyutta oluşan asal gerilmeleri kombine ederek, tek yönde yüklenen materyalin çekme dayanıklılığını verir. Von Mises gerilmeleri ayrıca kırılma dayanıklılığının ölçülmesinde de kullanılabilir. Gerilme genel olarak üç boyutlu olarak ifade edilir. Von Mises gerilmeleri, germe kriterini değerlendirebilmek amacıyla, üç boyutlu ifadeyi bir skala üzerinde okunabilen tek bir pozitif sayı haline dönüştürür [155].

Gerinim (Strain)

Bir cisme belirli bir kuvvet uygulandığında o yapı içerisindeki birim boyut başına oluşan şekil değişimi gerinim olarak tanımlanır. Stresin olduğu her durumda gerinim de söz konusudur. Gerilme, yönü ve büyüklüğü olan bir kuvvet iken; Gerinim ise bir büyüklük olup, ölçü birimi yoktur. Ancak gerinim, deformasyonun orijinal uzunluğa oranı olarak tanımlanabilmektedir [7, 156].

Elastiklik Sınırı

Cismin belirli bir kuvvet karşısında plastik şekil değişikliğine uğramadan dayanabildiği maksimum gerilmedir. Cismin elastik özellik gösterdiği maksimum yük ve esneme limiti olarak da tanımlanabilir [146].

Hooke Kanunu

Bu kanuna göre esneklik sınırına kadar materyal üzerine uygulanan gerilme ile birim şekil değiştirme birbiriyle doğru orantılıdır. Yüksek elastisite modülü rijit, düşük elastisite modülü ise esnek materyalleri tanımlar [153].

Elastiklik Modülü (Young Modülü)

Elastiklik modülü elastikiyet sınırları içerisinde materyalin dayanıklılığını, yani gerilme ile şekil değiştirme arasındaki oranı gösteren bir katsayıdır. Elastiklik modülü farklı materyaller için farklı değerler almakta ve cismin rijiditesi hakkında bilgi vermektedir. Deformasyona karşı iç direnci yüksek olan cisimlerin elastiklik modülü de yüksektir, cismin uzamaya karşı gösterdiği direnç de artmıştır [150].

Poisson Oranı

Kuvvet uygulanan materyalin enindeki birim uzamanın boyundaki birim uzamaya oranıdır. Bir yöndeki uzama diğer eksenlerde kısalma ile sonuçlanacağı için negatif değer taşır, ancak mutlak değer içinde kabul edilir. Örneğin; bir cisme çekme kuvveti etki ettiğinde kuvvetin geldiği yönde bir boy uzaması, kuvvete dik olan diğer boyutlarda ise bir boy kısalması olur. Basma kuvvetleri altında ise cismin boyu kısalırken eni kalınlaşır [149].

2.2.2. Sonlu Elemanlar Metodunun Modelleme ve Çözüm Basamakları

Sonlu elemanlar analizi günümüzde bilgisayar destekli yazılım programları kullanılarak hazırlık safhası, çözüm safhası ve sonuçların değerlendirilmesi safhası olmak üzere 3 aşamada gerçekleştirilir.

Hazırlık Safhası

Sonlu elemanlar modelinde çözümün doğruluğu dört parametreye bağlıdır. Bunlar; modellenecek cismin geometrik detayı, eleman tipi ve sayısı, malzeme özellikleri, uygulanan sınır koşulları olarak sıralanabilir [142].

Model geometrisinin oluşturulması

Bir sonlu eleman modeli oluşturmada ilk aşama bilgisayar ortamında uygun program vasıtasıyla model geometrisinin oluşturulması işlemidir. Genellikle dikdörtgen, kare, daire, küp, küre vb. gibi basit şekilli geometriler düzgün elemanlarla modellenenirken kompleks yapıdaki geometriler ise bilgisayar destekli dizayn (Computer Aided Design (CAD)) programlarında modellenir (Örn. diş, maksilla) [8, 142, 157].

Elde edilecek sonuçların doğruluk derecesi, modelin gerçek sisteme yakınlık derecesiyle doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle modelleme safhası mümkün olduğunca orjinal modele sadık kalınarak yapılmalıdır. Anatomik olarak doğru modellerin oluşturulmasında son zamanlarda daha etkili görüntü işleme metotlarına dayanan yazılımlar kullanılmaktadır. Günümüzde en çok kullanılanları; Amira, 3D Doctor, Mimics yazılımlarıdır. Bu yazılımların uygulanması ile bilgisayarlı tomografi veya manyetik rezonans gibi görüntüleme metodlarından birisi ile veya modellenmesi istenen cismin yüzey tarayıcıları ile tarama bilgisayar ortamına aktarılmasıyla yapılabilmektedir [142, 157].

Eleman Tipi ve Sayısı

Oluşturulan geometrik model, eleman olarak adlandırılan basit geometrik şekillere ayrılır. Elemanlar geometrilerine (üçgen, dörtgen, paralel kenar), boyutlarına (tek boyutlu, iki boyutlu, üç boyutlu elemanlar), düğüm sayısına ve problemin özelliklerine göre (katı, kabuk, kiriş) sınıflandırılır [143, 158].

Modeli oluşturan tüm elemanlar düğüm noktası adı verilen noktalardan birbirlerine bağlanmışlardır. Elemanların toplamına ise ağ veya kafes yapı denilmektedir [159].

Ağ yapısının oluşturulması otomatik olarak yaptırılabilceği gibi bizim belirlediğimiz kısıtlara göre de yapılabilir. Örneğin kullanılacak en büyük sonlu eleman boyutunun ne olacağı, modelin kaç parçaya bölüneceği, modelin üzerindeki çizgi veya noktalarda ağ yoğunluğunun ne kadar olacağı analizi yapan kişi tarafından tayin edilebilir [159].

Sonlu elemanlar analizinde sonuçların doğruluğunu arttırmak için iki farklı yöntem kullanılabilir. Bunlardan ilki, oluşturulan modelin eleman sayısını arttırmak diğeri ise elemanların polinom derecesini arttırmaktır. Eleman sayısının arttırılması analiz süresini de uzatmaktadır. Birim eleman boyunun küçülmesi ve buna bağlı olarak eleman sayısının

arttırılması geometrinin ve yapılacak analizin hassasiyetini de arttıracaktır. Her iki yöntemle de analizin gerçeğe daha yakın olması sağlanmaktadır [143].

Malzeme Özellikleri

Sonlu elemanlar yönteminde analizin doğruluğunu etkileyen en önemli parametrelerden biri de malzeme özellikleridir. Malzeme özellikleri, yapıda oluşacak gerilme ve gerilme dağılımlarını etkilemektedir. Elastik malzeme davranışı genellikle izotropik, transvers izotropik, ortotropik ve anizotropik olarak modellenmektedir [160, 161].

İzotrop bir materyal tüm yönlerde aynı özelliklere sahiptir. Young modülü (elastisite modülü), kayma modülü (rijidite modülü) ve Poisson oranı izotropi durumunda birbiri ile ilişkili olduğundan, elastik davranışın tamamen karakterize edilebilmesi için bu 3 değişkenden sadece ikisinin belirlenmesi gereklidir. Bu sebeple yalnızca iki bağımsız materyal sabiti; poisson oranı ve elastiklik modülü yeterlidir [162].

Transvers izotropik malzeme, tek bir simetri eksenini üzerinde her yönde benzer davranış gösterir. Ortotropik malzemenin mekanik özellikleri mekanik simetrisinin 3 ortogonal düzlemine sahiptir. Farklı yönlerde farklı davranış gösteriyorsa bu malzeme anizotropik malzeme olarak tanımlanır [163]. İzotropik malzeme tipinde sadece iki materyal sabiti yeterli iken anizotropinin derecesine göre birçok materyal sabiti gerekli olmaktadır [163].

Biyolojik dokular homojen olmadığından ve anizotropik özellik gösterdiklerinden modelleme aşaması zordur. Biyolojik dokuların özellikleri yaş, tür ve mineral içeriğine göre değişiklik göstermektedir, bundan dolayı da bireyler arasında değişkenlik yüksek olmaktadır [161]. Birçok sonlu eleman çalışmasında farklı elastik modülüne ve Poisson oranına sahip anizotropik cisim kendi içinde izotropik ve homojen olarak varsayılır.

Sınır Koşullarının Tanımlanması (Boundary Conditions)

Sınır koşulları tanımlaması, analizin eleman tipinin belirlenmesinden sonra gelen ikinci kritik safhasıdır [5].

Modele dışarıdan uygulanacak kuvvetlerin model üzerindeki gerilme ve gerinim etkileri, ancak dengeli bir model üzerinde hesaplanabilir. Çünkü uzay boşluğunda bulunan

geometrik modele uygulanacak olan dış kuvvetler, modeli evrensel referans düzleminde biyolojik yapının elastik cevabından etkilenmeksizin hareket ettirecektir. Bu durum ise araştırılmak istenen problem denkleminin sonsuz sayıdaki analitik çözümünü doğurur. Modelde sınır koşullarının tanımlanması ise modele bir dayanak noktası oluşturarak problem denkleminin tek bir çözümünü ortaya çıkarmaktadır [7, 159, 164].

Materyal özellikleri ve yükleme koşulları tanımlanmış olan matematik modelin sınırlarındaki kuvvet uygulama noktaları ve destek noktalar gibi koşullar tanımlanarak sonlu elemanlar analizi programına aktarılmaktadır [143].

Literatürde yer alan sonlu elemanlar yönteminin kullanıldığı ve çeşitli teknikler ile kraniyofasiyal iskelette oluşan yer değiştirme ve gerilme değerlerinin araştırıldığı çalışmalarda, kafatasına uygulanan sınır koşulları foramen magnum bölgesinde belirlenmiş olup sıfır yer değiştirme ve sıfır rotasyon olarak tanımlanmıştır [165, 166].

Çözüm safhası

Oluşturulan model içinde yer alan farklı elemanların mekanik özellikleri ve yükleme koşulları tanımlanmalıdır. Mekanik özelliklerinin belirlenmesinde elastik modülü ve Poisson oranları kullanılır. Yükleme koşullarının belirlenmesi ile birlikte uygulanması düşünülen kuvvetin açısı, yönü ve şiddeti belirlenir [167, 168].

Sonuçların Değerlendirilmesi Safhası

Sonlu elemanlar analizi için oluşturulan modellerin farklı kuvvetler uygulanarak yapılan analizleri sonucunda farklı değişkenlere yönelik veriler elde edilebilir. Bu veriler asal gerilmeler, von Mises gerilmeleri ve yer değiştirme değerleridir.

Bu aşamada analiz sonuçları liste şeklinde, resimler veya grafikler aracılığı ile görüntülenebilmektedir. Örneğin gerilme analizi probleminde, deformasyona uğramış model, seçime göre farklı değerlerde gerilme veya yer değiştirmeleri ifade eden çizgilerle ya da bölgelerin renklendirilmesi ile sergilenebilir. Eğer olay zamana bağlı olarak çözümlenmiş ise olayın canlandırılması (animasyon) yapılabilir [169].

Gerilmelere ait analiz verileri değerlendirilirken incelenen materyalin mekanik özellikleri göz önünde bulundurulur. Asal gerilmelerin değerlendirilmesi ile kırılğan materyaller hakkında bilgi elde edilebilir, vonMises değerleri ile ise tüm yapıda meydana gelen makaslama kuvvetlerinin bileşke değerleri hakkında fikir sahibi olunabilir [7, 170].

2.2.3. Sonlu Elemanlar Analizinin Avantajları ve Dezavantajları

Sonlu elemanlar analizin avantajları;

1. Mühendislikten dış hekimliğine kadar birçok alanda, farklı problemlerin çözümü için kullanılabilmektedir.
2. Girişimsel olmayan bir tekniktir.
3. Düzgün geometri göstermeyen oluşumların incelenmesine olanak sağlar.
4. Esnek ve karmaşık yapılarda, analitik ve deneysel uygulanan metotlardan daha hassas veriler vermektedir.
5. Sınır şartlarının uygulaması oldukça kolaydır.
6. Malzeme sınırlaması yoktur. İstenilen sayıda, farklı özelliklere sahip materyal ile model hazırlanabilmektedir.
7. Materyaller arası ilişkiler, uygulanan kuvvetlerin yönü ve büyüklüğü, oluşturulan modelin geometrisi, sınır şartları gibi özellikler değiştirilip analiz gerektiği kadar tekrarlanabilmektedir [5, 143, 158, 171].

Sonlu elemanlar analizin dezavantajları;

1. Analizlerin sonuçlanabilmesi için kullanılan, yeterli yazılıma sahip bilgisayar ve yazılım programlarının maliyetleri yüksektir.
2. Gelişen teknoloji ile paralel olarak mevcut olan yazılım programlarının düzenli şekilde güncellenmesi gerekmektedir.
3. Eleman tipi ve büyüklüğünün seçimi, malzeme özellikleri, sistemin yüklenmesi (kuvvetlerin uygulanması) analizin doğruluğu için çok hassas noktalar olup bu noktalarda hata yapıldığında analiz sonuçları gerçeklikten uzaklaşabilmektedir [168, 172].

2.2.4. Sonlu Elemanlar Analizi İle Kafatasının Modellendiği Çalışmalar

Canlı doku ve organların, kuvvetler karşısında sergileyeceği davranışların tespit edilmesinin riskli ve maliyetli olmasının yanında, prototip testinin imkansız olduğu bazı biyomedikal durumlar mevcuttur. Bu nedenle araştırmalar canlı malzemenin cansız bir modeli üzerinde yapılır [7].

Ortodontide sonlu elemanlar analizi, çeşitli yapısal mekanik problemlerin çözümünde etkin bir araştırma aracı olarak kullanılmaktadır. Diferansiyel denklemler yardımı ile modellenen tüm fiziksel problemlerin mekanik olarak ele alınabilmesini sağlayan genel bir prosedür olarak bilinmektedir [173].

Biyomekanik çalışmalara bakıldığında genel olarak iki çeşit uygulama yöntemi vardır. Birincisi; dişlere veya kraniyal komplekse uygulanan kuvvet sistemlerinin verilmesi ile gerilme-birim şekil değiştirme analizinin yapılmasıdır. İkincisi; büyüme değişiklikleri ile beklenen iskeletsel yer değiştirme miktarının verilmesi ile kraniyofasiyal büyümenin değerlendirilmesidir [173]. Yapılan araştırmaların pek çoğu klinik olarak anlamlı sonuçlanmıştır.

Kemiğin materyal özelliklerinin belirlenmesi, mekanik çevre koşullarındaki değişikliklere nasıl adapte olduğunun ve nasıl yanıt verdiğinin nümerik modelleme yöntemleri ile analiz edilmesinde önemli bir yere sahiptir [174].

Sonlu elemanlar analizini kullanarak maksillofasiyal kompleksin materyal özelliklerini analiz etmeyi amaçlayan birçok araştırmada kompakt kemiğin materyal özellikleri izotropik ve homojen olarak tanımlanmıştır [175-180].

Junushi ve ark. 1997 yılında yaptıkları araştırmada yetişkin kafatası modeli kullanarak kısa ve uzun olmak üzere farklı tipte face bow uygulamasını 3 farklı yönde kullanarak maksillofasiyal kompleks üzerinde oluşturduğu etkileri sonlu elemanlar metodu ile araştırmışlardır. [176].

İşeri ve ark. 1998 yılında hızlı üst çene genişletmesinin farklı açılma miktarları ile kraniyofasiyal yapılar üzerindeki oluşturduğu etkilerini sonlu elemanlar analizi yardımıyla üç boyutlu olarak incelemişlerdir [180].

Tanne ve ark. 1998 yılında kraniyofasiyal komplekse distal yönlü ortopedik kuvvet uygulanmasının etkilerini incelemek amacıyla kafatasının üç boyutlu modeli üzerinde sonlu elemanlar analizi uygulamışlar, nazomaksiller kompleksin hareket yönü ve rotasyonlarını incelemişlerdir [181].

Jafari ve ark. 2003 yılında hızlı üst çene genişletilmesi ile kraniyofasiyal yapılarda meydana gelen yer değişimleri ve stres dağılımlarını incelemişlerdir [173].

Holberg ve Rudaki-Janson, 2006 yılında hızlı üst çene genişletmesi ile kafa kaidesi ve sirkümmaksiller suturalarda oluşan stres dağılımının büyüme gelişim döneminde ve erişkin dönemdeki bireylerdeki farklılıklarını sonlu elemanlar analizi ile incelemişlerdir [182].

Gautam ve ark. yaptıkları çalışmada hızlı üst çene genişletmesi ile kraniyofasiyal süturlarda meydana gelen stres dağılımlarını ve kraniyofasiyal yapılardaki yer değişimini sonlu elemanlar metodu ile incelemişlerdir [183].

Chen ve ark. 2010 yılında yarık dudak damak nedeniyle şiddetli maksiller hipoplaziye sahip hastalarda maksiller ilerletme için yapılan distraksiyon osteogenezisine yararlı bir rehber oluşturmak amacıyla, şiddetli damak yarığına sahip ve ortayüz yetmezliği olan yetişkin bir hastanın Le Fort I, Le Fort II ve Le Fort III kesiye sahip modelleri üzerinde maksiller ilerletme yaparak sonlu elemanlar metodu ile değerlendirmişlerdir [175].

2012 yılında Lee ve Baek, mini plakların pozisyonu ile ilgili çalışmasında infrazigomatik kret ve lateral nazal duvara yerleştirdiği mini plaklardan uygulanan maksiller protraksiyon sonrası gerilme ve yer değiştirme miktarlarını 3 boyutlu sonlu elemanlar analizi ile değerlendirmişlerdir [177].

Yang ve ark. 2012 yılında yayınladıkları çalışmada, yarık tipinin, yüz maskesi kullanımında ankraj seçimi ve alveolar kemik grefti uygulanmasının maksiller protraksiyon üzerindeki biyomekanik etkilerini 3 boyutlu sonlu elemanlar analizi değerlendirmişlerdir [179].

Bu çalışmanın amacı farklı tipte yarığa sahip dudak damak yarıklı hastalardan elde edilen modeller üzerinde üst çene genişletmesinin oluşturduğu stres alanlarının kraniyofasiyal sistem üzerindeki etkileri ve bu etkilerin yarık tipi ile ilişkisinin sonlu elemanlar metodu ile incelenmesidir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada, modellemeye temel oluşturmak için genç adolesan dönemde bulunan transversal üst çene yetersizliği olan tek taraflı, çift taraflı komple dudak damak yarığı ve izole damak yarığı olmak üzere 3 farklı tipte yarığa sahip dudak damak yarıklı hastalar tercih edilmiştir.

Kafatası, suturalar, maksilla, var olan tüm dişler, periodontal ligament ve kullanılan üst çene genişletme apareyi üç boyutlu olarak modellenmiş; sonlu elemanlar analizi ile simülasyonlar yapılmıştır.

3.1. Üç-Boyutlu Sonlu Eleman Modelinin Oluşturulması

3.1.1. Geometrik Model

Çalışmamızda tek taraflı komple dudak damak yarığına sahip 13 yaşında erkek hasta, 15 yaşında çift taraflı komple dudak damak yarığına sahip kadın hasta ve 15 yaşında izole damak yarığına sahip kadın hastaya ait Dental Volümetrik Tomografi kayıtları (DVT) kullanılmıştır.

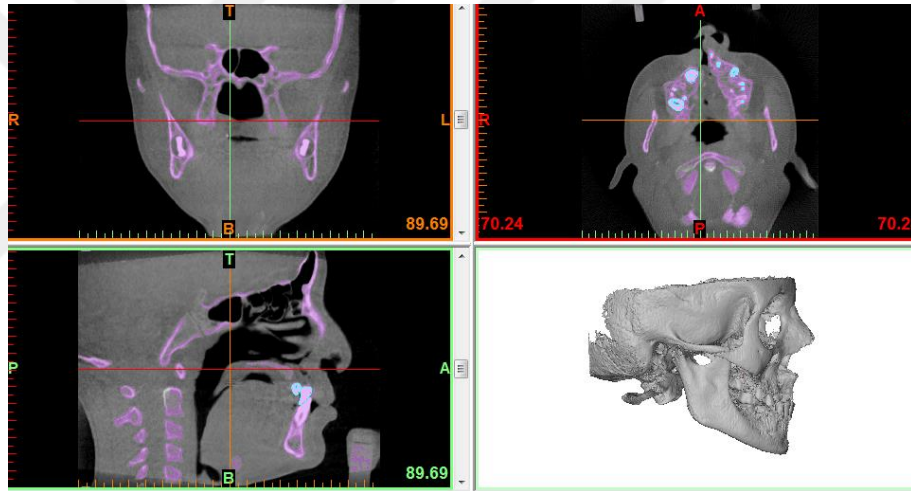
DVT DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) verileri medikal görüntü formatıdır. 0,29 mm kesit kalınlığı ile bu formatta alınan görüntüler MIMICS (Materialise's Interactive Medical Image Control System) programına aktarılarak işlenmiştir. İlk olarak DICOM formatındaki görüntüler MIMICS'te stl formatına çevrilmiştir. Bu çevirme işlemi programın kendisi tarafından gerçekleştirilmiş ve her bir model için ayrı MIMICS projesi oluşturulmuştur.

Hounsfield Unit değerleri (HU değerleri); doku türüne veya erişkinlik durumuna göre değişen limit değerleri ile tanımlanmıştır. Belirli HU değerlerini kapsayan kemiğin görüntülenmesini seçme işlemine eşikleme (thresholding) denir. Düşük eşikleme değerleri ile bağ dokusu, damar gibi yumuşak dokular görüntülenebilirken yüksek eşikleme değerleri ile diş, kortikal kemik gibi sert dokular modellenir. İdeal HU ayarı yapıldıktan sonra kesitlerin işlenmesine başlanmıştır. Ayarlanan eşik değerler aralığında kesitlerde kemik sınırlarının daha net bir şekilde belirlenebilmesi için çeşitli renklerde maskeler kullanılmıştır. Bu şekilde Tablo 1' de verilen HU değerlerine bakılarak kemik dokusunun ayrıştırılması (segmente edilmesi)

sağlanmıştır. [184, 185] Yapılan ayrıştırma işleminden sonra hastaya ait 3 boyutlu sayısal model (nokta bulutu) elde edilmiştir. (Resim 1)

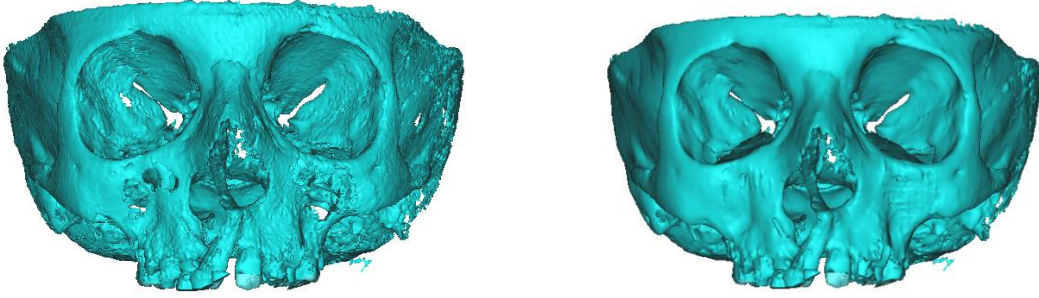
DOKU	ALT HU DEĞERİ	ÜST HU DEĞERİ
Kompakt kemik	226	1200
Spongioz kemik	41	225
Diş	1200	3071

Tablo 1: Hounsfield Unit değerleri (HU değerleri)



Resim 1: DICOM verilerinin koronal, sagittal ve aksiyal kesitlerde görüntülenmesi ve kemiğin eşik değerleri seçilerek görüntünün yapılandırılması

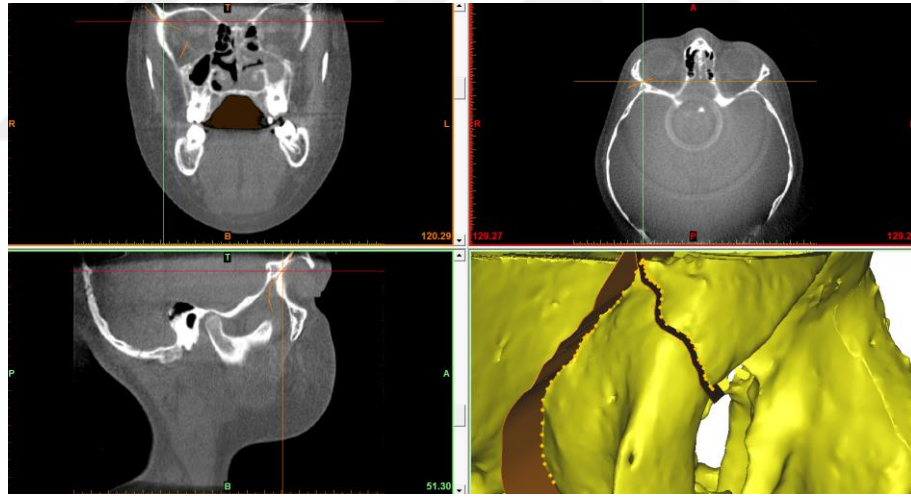
3 boyutlu yüzey elde edilmesinde sorun yaşamamak için kesitlerde varsa aşırı sivri kemik kenarları veya çıkıntıları gibi bulunan parazit görüntüler ve yalancı sivrilikler temizlenmiştir. Modeldeki eleman sayısının analiz süresi yönünde uzamasına neden olacağı düşünülen mandibular kemik ve servikal vertebralar ayrıca segmente edilerek total modelden çıkarılmıştır. Temizleme işlemi sırasında sonlu elemanlar modelinde meydana gelebilecek bazı zorlukları elimine edebilmek için kemik yüzeyinde var olan defektler hastanın sahip olduğu anatomik kemik yapısını bozmadan katman katman kontrol edilerek giderilmiştir [184]. (Resim 2)



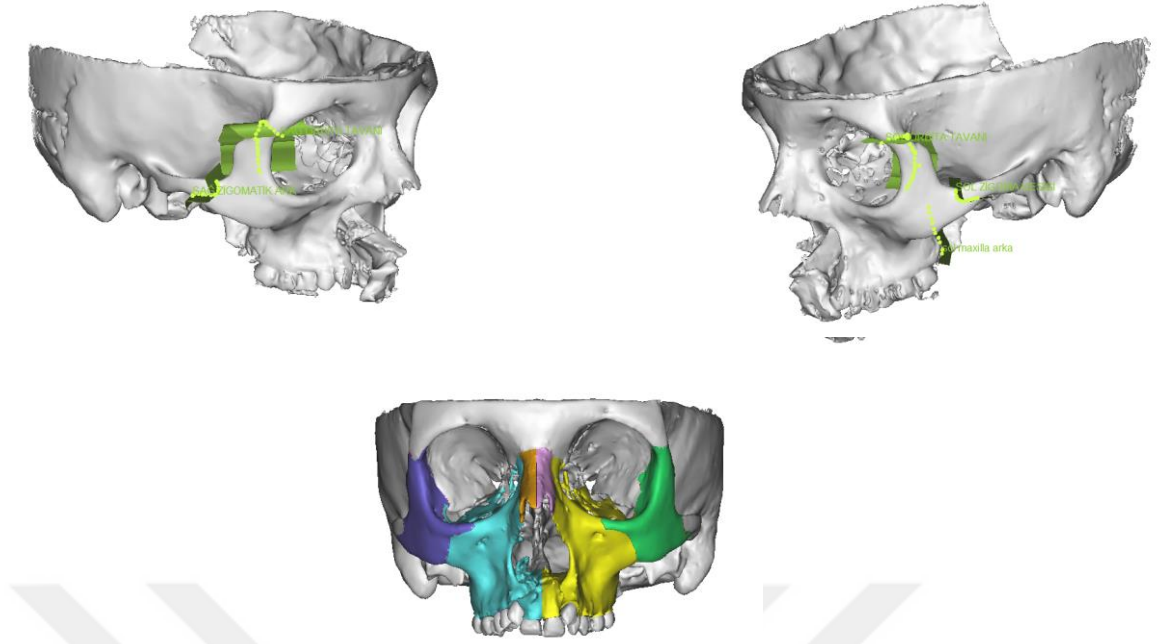
Resim 2: MIMICS programı ile kesitlerdeki kusurların giderilmesi

Suturların Modellenmesi

Sutur sınırları koronal, sagittal ve aksiyal kesitlerde belirlenmiş ve kraniyofasiyal yapılar, ayrı parçalar oluşturacak şekilde segmente edilmiştir. (Resim 3,4)



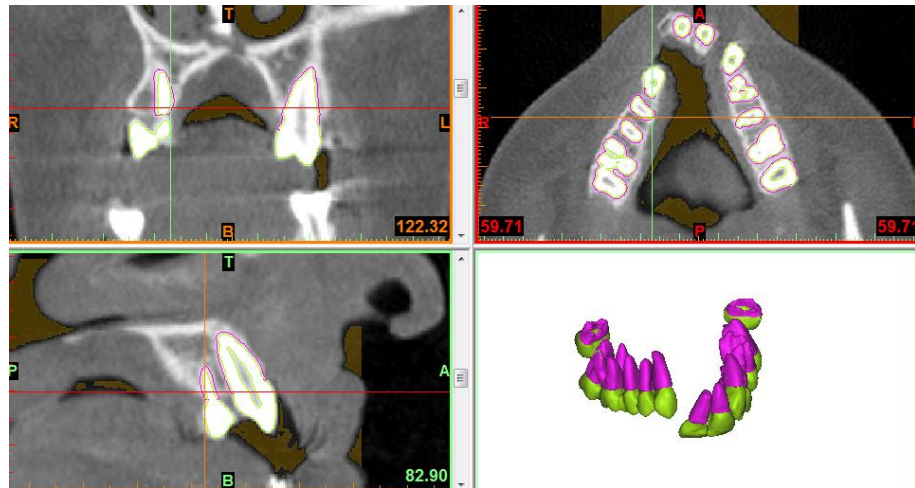
Resim 3: Kraniyofasiyal suturların modellenmesi



Resim 4: Kraniyofasiyal suturlara göre kemik dokunun segmentasyonu

Dişlerin Modellenmesi

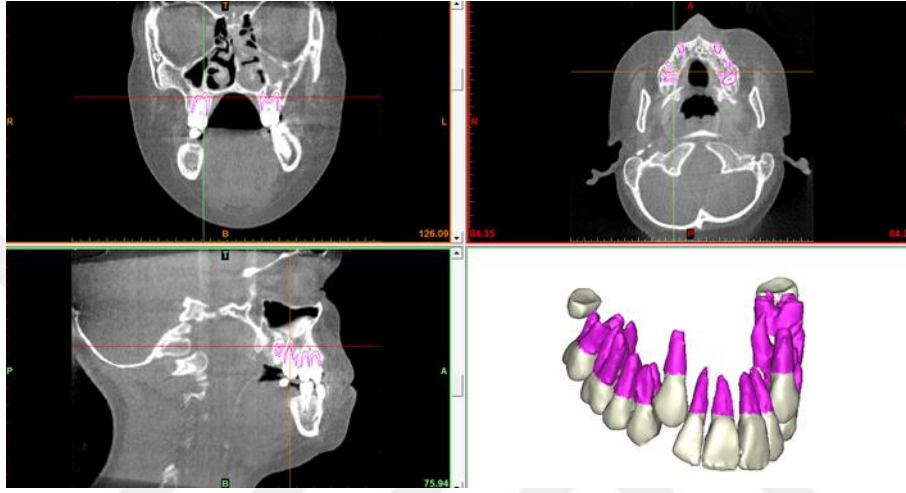
Dişler 1200-3071 (HU) thresholding değerleri seçilerek yapılandırılmıştır. Koronal, sagittal ve aksiyel kesit görüntülerinden anatomik sınırları takip edilerek dişler segmente edilmiştir. Daha sonra dişler üzerindeki artefaktlar temizlenmiş ve her bir diş diğerinden ayrılarak maksilladaki tüm dişler ayrı ayrı modellenmiştir. (Resim 6)



Resim 5: Dişlerin modellenmesi

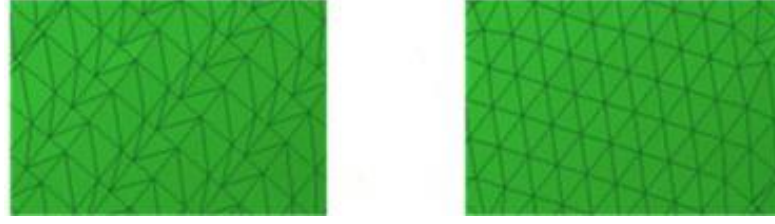
Periodontal Ligamentlerin Modellenmesi

Periodontal ligament (PDL) yapılandırılırken genel olarak literatürde geçen 0,25-0,30 mm'lik kalınlık baz alınmıştır. Öncelikle tüm dişleri içeren modele 0,30 mm kalınlık eklenmiştir. Ayrıca kaydedilen bu modelden sadece dişleri içeren model çıkartılmıştır. Bu sayede PDL modeli elde edilmiştir. Daha sonra kole bölgelerinden tek tek sınırlarına uygun kesilerek tüm dişlerin PDL modelinde hassas ayarlar gerçekleştirilmiştir. (Resim 7)



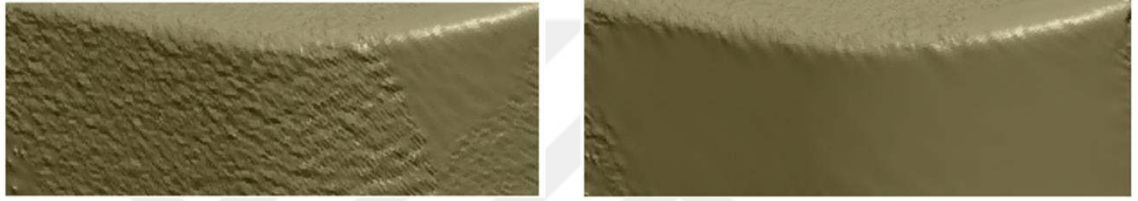
Resim 6: Periodontal ligamentin modellenmesi

MIMICS programında düzenlenmesi tamamlanan dijital modellerin verileri, Geomagic Design X (Rock Hill, ABD) yazılımına transfer edilmiş ve sırasıyla aşağıdaki işlemler uygulanmıştır; Rapidform Insert menüsü altında bulunan “Import” komutu ile “.stl dosya.” program içerisine aktarılmıştır. Rapidform unsur ağacına aktarılan dosya, mesh araçlarını kullanmak üzere “Edit mesh” komutu ile açılmıştır. “Find defection” komutu ile sayısal veri üzerindeki çakışık, düzensiz ve bozuk olan bölgeler temizlenmiştir. “Healing Wizard” komutu ile sayısal veri üzerindeki kusurlu, arızalı noktalar ve yüzeyler iyileştirilmiştir. “Fill Holes” komutu kullanılarak sayısal veri üzerindeki delik ve boşluklar yüzey eğrilerini takip ederek kapatılmıştır. “Optimize mesh” komutu “High quality mesh” seçeneği ile ağlar arasındaki bağları düzenleyerek model formunu değiştirmeden ağ sayısını optimize eder [186]. Çalışmada bu komut kullanılarak sonlu elemanlar analizi performansının ve doğruluğunun artırılması amaçlanmıştır. (Resim 8)



Resim 7: “Optimize mesh” komutu ile iyileştirilmiş ağ yapısı ve yüzey kalitesi

“Smart brush” komutu ile yüzey ve ağ yapısı son kontrolleri yapılarak katı model oluşturmaya uygun yapıya getirilmiştir. (Resim 9)



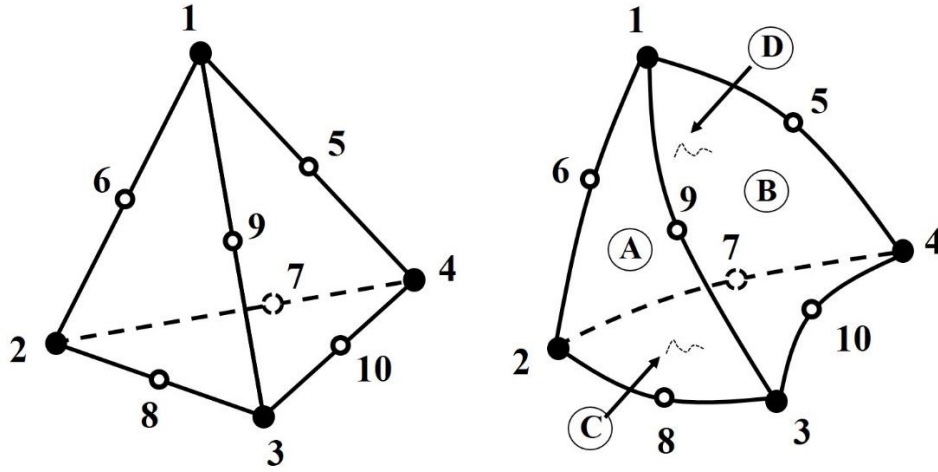
Resim 8: “Smart brush” komutu ile iyileştirilmiş ağ yapısı ve yüzey kalitesi

Kapalı yüzeylerden oluşan bölümler Geomagic X yazılımında otomatik olarak katı modele dönüştürülmüşken, açıklıkları olan bölümler SolidWorks (Waltham, Massachusetts, ABD) yazılımında katı model haline dönüştürülmüştür.

3.1.2. Matematik Model

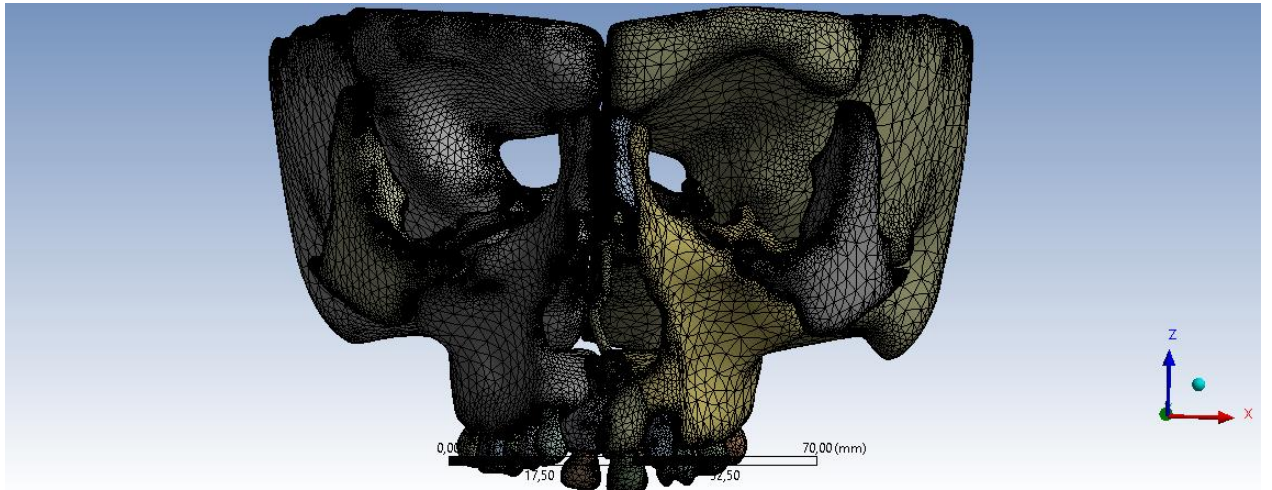
Geomagic Design X ve SolidWorks yazılımları kullanılarak düzenlemesi tamamlanan kafatası katı modelleri, sonlu elemanlar yazılım ve analiz programı olan ANSYS Versiyon 17.0 (ANSYS Inc. Houston, PA, USA) programına aktarılmıştır. Daha önceden oluşturulan yüzey elemanları, bu program kullanılarak üç boyutlu hacim elemanlarına dönüştürülmüştür.

Sonlu elemanlar modeli, 10 düğüm noktalı ve her bir düğüm noktasında 3 olmak üzere toplamda 30 serbestlik derecesine sahip tetrahedron (dört yüzlü) elemanlardan oluşturulmuştur. (Resim 10) İnsan vücudu gibi geometrisi karmaşık olan yapılarda matematik modelin oluşturulmasına kolaylık sağlaması sebebiyle bu eleman tipi çalışmamızda tercih edilmiştir [142, 187].



Resim 9: Sonlu eleman ağının oluşturulmasında kullanılan eleman tipi, 1-10 elemanın sahip olduğu düğüm noktaları; A,B,C,D elemana ait yüzeyler

Tek taraflı DDY hasta modelinin oluşturulmasında 2785413 düğüm noktası, 1799565 eleman sayısı, çift taraflı DDY hasta modelinin oluşturulmasında 2508593 düğüm noktası ve 1609498 eleman, izole damak yarıklı hasta modelinde ise 3198386 düğüm noktası ve 2117163 eleman kullanılmıştır.



Resim 10: Ağ yapısı tamamlanmış sonlu elemanlar modeli

3.1.3. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması

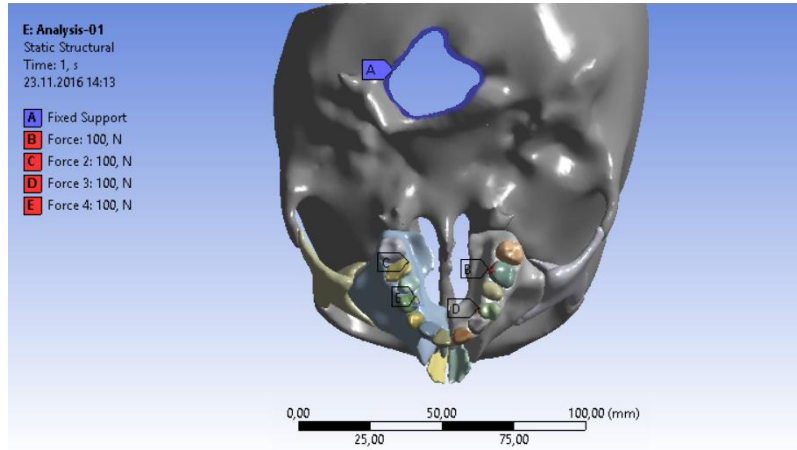
Kortikal ve trabeküler kemik izotropik, homojen, lineer elastik olarak kabul edilmiştir. Çalışmada kullanılan materyallerin Young modülleri, Poisson oranları ve literatür bilgileri Tablo 2’ de verilmiştir.

	Young Modülü (Mpa)	Poisson oranı	Literatür
Kortikal kemik	$1,37 \times 10^4$	0,3	[178, 188-191]
Spongioz kemik	$1,37 \times 10^3$	0,3	[192-194]
Sutur	10	0,49	[195, 196]
Dişler	20290	0,3	[190]
PDL	0,68	0,49	[197, 198]
Paslanmaz çelik	210000	0,3	[191]

Tablo 2: Çalışmada kullanılan Young modülü ve Poisson oranları

3.1.4. Sınır Koşullarının Belirlenmesi

Sınır koşulları, streslerin ve yer değişim hareketlerinin sınır ifadelerini kapsar. Bu çalışmada sınır koşulları olarak foramen magnum bölgesi, sıfır yer değiştirme ve sıfır rotasyon olarak alınmış ve modele bir dayanak noktası oluşturulmuştur. (Resim 11)



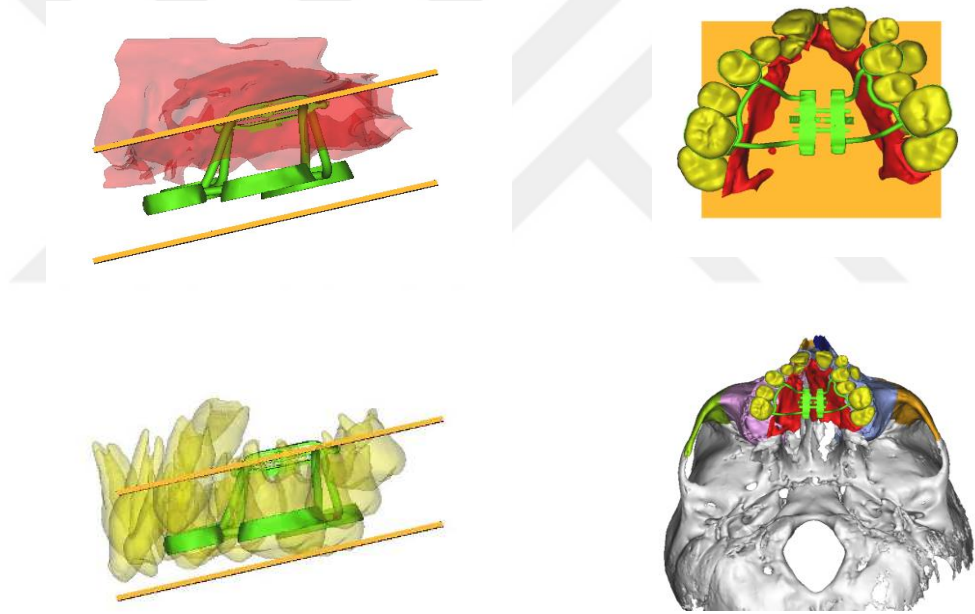
Resim 11: Sınır koşulları

3.2. Hızlı Üst Çene Genişletmesi İşlemi (RME) ile Maksiller Genişletmenin Tanımlanması

Çalışmamız için kullanılan aparey Hyrax (Leone, Floransa, İtalya) vidası içeren hızlı üst çene genişletme apareyidir.

Aparey modellemeleri dijital kumpas ile ölçülerek orijinal şekil ve boyutlarına uygun olarak SolidWorks 2016 (Waltham, Massachusetts, ABD) yazılımında üç boyutlu model haline dönüştürülmüştür.

Aparey oklüzal düzleme paralel olacak şekilde ve damak kubbesinin izin verdiği sınırlarda damağa mümkün olduđuñca yakın ve paralel, premolarlar ile molarlar hizasında konumlandırılmıştır. (Resim 12)



Resim 12: Apareyin ideal yerleşim yerinin belirlenmesi

Molar ve premolar bantlarından palatal mukozaya uzanan vida kolları tasarlanmıştır. .stl formatına çevrilen aparey tasarımı molar bantları ile birleştirilerek tek bir model oluşturulmuştur. Böylece anatomik yapıya uygun ve simante edilmiş RME aygıtını simüle eden model elde edilmiştir.

3.3. Çalışmada Değerlendirilen Anatomik Bölgeler

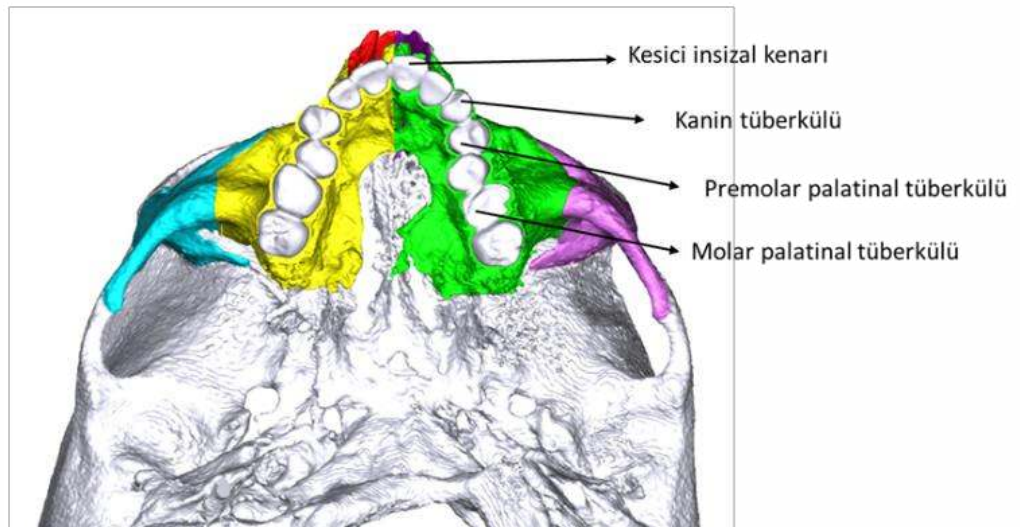
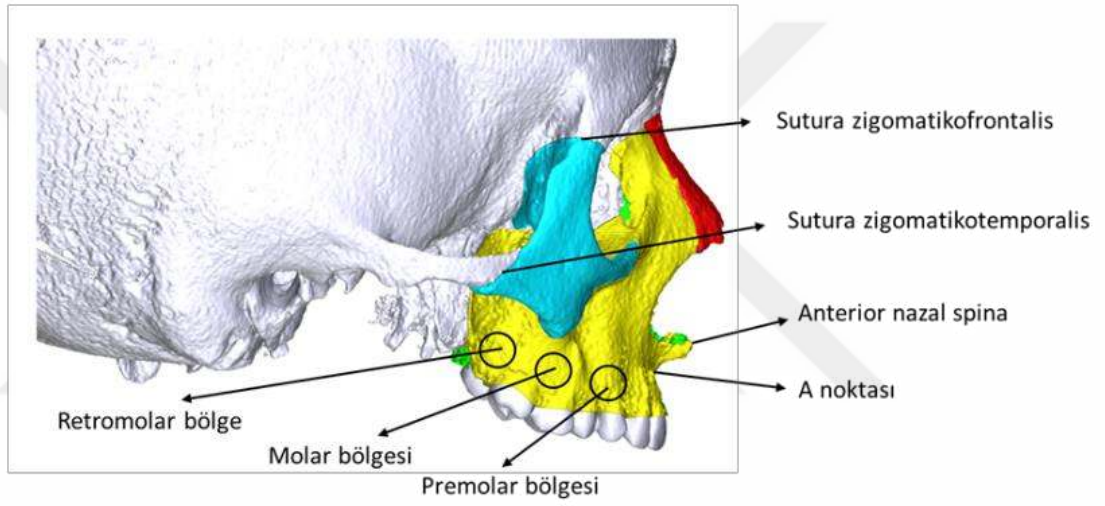
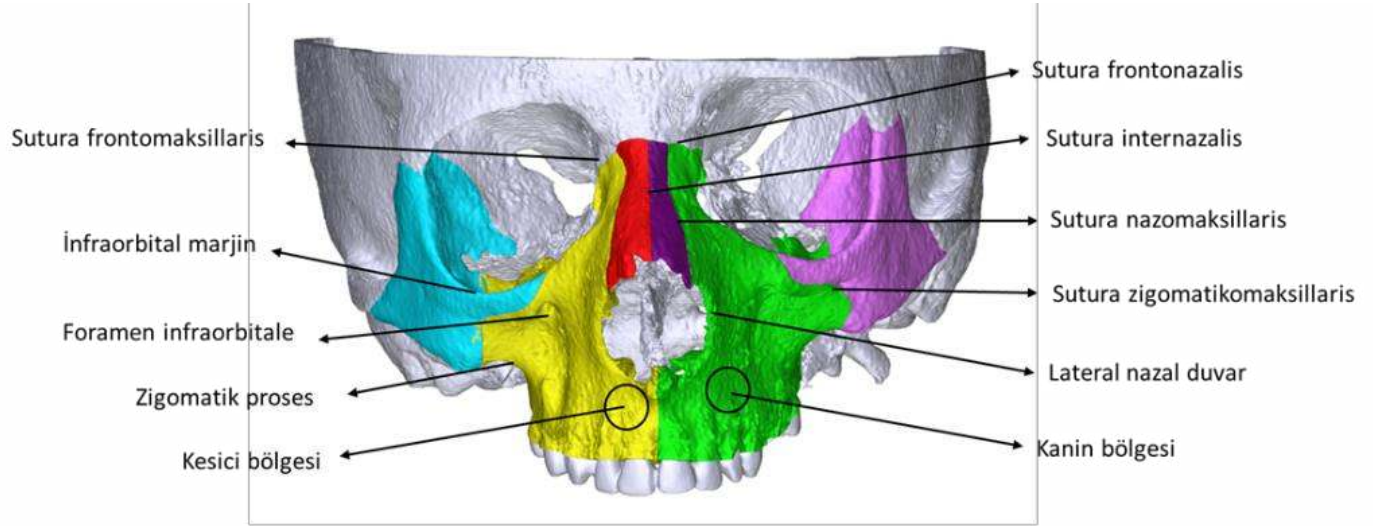
Maksillanın çevre kemikler ile yaptığı sutur bağlantıları başta olmak üzere, orta yüz bölgesinde ilgili diğer suturlarda ve dentoalveolar bölgelerde referans noktalar belirlenmiştir. Çift taraflı DDY hasta modeli ve izole damak yarığına sahip modelde, tüm sağ ve sol simetrik yapılar için ortalama değerler baz alınmıştır. Tek taraflı DDY hasta modelinde ise yarık içeren ve içermeyen taraflar ayrı ayrı incelenmiştir. Değerlendirilmesi yapılan anatomik bölgeler Resim 13'te gösterilmiştir.

Çalışmada kullanılan bölgeler;

1. Sutura internazalis: Sutura internazalisin orta noktası
2. Sutura frontonazalis: Sutura frontonazalisin orta noktası
3. Sutura frontomaksillaris: Sutura frontomaksillarisin orta noktası
4. Sutura nazomaksillaris: Sutura nazomaksillarisin orta noktası
5. Sutura zigomatikofrontalis: Sutura zigomatikofrontalisin orta noktası
6. Sutura zigomatikotemporalis: Sutura zigomatikotemporalisin orta noktası
7. Sutura zigomatikomaksillaris: Sutura zigomatikomaksillarisin orta noktası
8. İnfraorbital marjin: Göz çukurunun alt kenarının orta noktası
9. Foramen infraorbitale: İnfraorbital foramenin alt noktası
10. Zigomatik proses: Maksillanın zigomatik kemik ile bağlantı yapan dış yan çıkıntısının alt noktası
11. Lateral nazal duvar: Apertura priformisin oluşturduğu eğrinin en konveks dış sınır noktası
12. Anterior nazal spina (ANS) noktası: Spina nazalisin en ön ve uç noktası
13. A noktası: Anterior nazal spinanın altındaki iç bükeyliğin en derin noktası
14. Kesici bölgesi: Santral ve lateral kesici dişlerin apeksleri hizasındaki labial alveolar kemik bölgesi
15. Kanin bölgesi: Kanin diş bukkal alveolar kemik bölgesi
16. Premolar bölgesi: Birinci ve ikinci premolar dişlerin apeksleri hizasındaki bukkal alveolar kemik bölgesi
17. Molar bölgesi: Birinci ve ikinci molar dişlerin apeksleri hizasındaki bukkal alveolar kemik bölgesi
18. Retromolar bölgesi: Maksiller tüber bölgesindeki bukkal alveolar kemik bölgesi

19. Kesici insizal kenarı: Santral kesici dişin insizal kenarının orta noktası
20. Kanin tüberkölü: Kanin dişinin tüberköl tepesi
21. Birinci premolar tüberkölü: Birinci premolar dişin palatinal tüberköl tepesi
22. Birinci molar tüberkölü: Birinci molar dişin palatinal tüberköl tepesi





Resim 13: Çalışmada değerlendirilecek anatomik bölgeler

3.4. Analizlerin Yapılması ve Sonuçların Alınması

Sonlu elemanlar analizi için oluşturulan modellerin farklı kuvvetler uygulanarak yapılan analizleri sonucu farklı değişkenlere yönelik sonuçlar elde edilebilir.

Maksillanın genişletilmesi sonrası oluşan yer değiştirme miktarları ve gerilmeler, araştırılan bölgeler için tek tek değerlendirilmiştir. Yer değiştirme dağılımları x (transversal düzlem), y (anteroposterior düzlem) ve z (vertikal düzlem) eksenleri üzerinde mm cinsinden ölçülmüştür. Gerilmeler ise von Mises gerilme olarak megapascal cinsinden ölçülmüştür.

Gerilme değerlerine ait sonuçlar, her renk bir değer aralığını göstermek üzere renklendirilmiş görüntüler olarak kaydedilmiştir. Değer aralıklarının renk kodları görüntülerin sol tarafında skala ile gösterilmiştir. Koyu mavi renkten kırmızıya doğru gerilme değerleri artmaktadır.

Çalışmamızda; yer değiştirme dağılımı maksillanın 5 mm'lik genişletilmesi sonucunda sunulmuş olup gerilmelere ait dağılım 0,20 mm'lik vida aktivasyonu sonucunda ortaya çıkan değişim olarak verilmiştir.

4. BULGULAR

Çift taraflı, tek taraflı ve izole yarıklı DDY hastalarına ait üç boyutlu sonlu eleman modelleri üzerinde hızlı üst çene genişletme apareyi (Hyrax) ile maksiller genişletme prensipleri simüle edilmiştir.

Maksillanın bu uygulamayla 5 mm genişletilmesiyle, belirlenen anatomik bölgelerde meydana gelen yer değiştirme değerleri ve 0,20 mm'lik vida aktivasyonu sonrasında oluşan von Mises gerilme verileri değerlendirilmiştir.

4.1. Tek Taraflı Komple Dudak Damak Yarıklı Modele Ait Bulgular

4.1.1. Yer Değiştirme Dağılımı

Antero-posterior düzlemde yer değiştirme (y ekseninde yer değiştirme)

Sagittal yönde belirlenen yer değiştirmeler Tablo 4 ve Resim 14'te verilmiştir. Tabloda antero-posterior düzlem için yer alan değerlerden negatif olanlar anterior yönde yer değiştirmeyi, pozitif değerler ise posterior yönde yer değiştirmeyi ifade etmektedir.

Üst çene genişletmesinin bir sonucu olarak yarığa sahip olmayan hastalarda görülen antero-posterior düzlemdeki tipik kama şeklindeki açılım, tek taraflı DDY hastasına ait simülasyonda görülmemiştir.

Antero-posterior yönde yer değiştirmeler değerlendirildiğinde genel olarak yarık içeren ve içermeyen taraftaki yapılar posterior yönde yer değiştirme eğilimi göstermiştir.

En fazla posterior yönde yer değiştirme gösteren yapılar yarık içermeyen tarafta ANS noktası (0,26 mm) ve A noktası (0,25 mm) olmuştur.

Lateral nazal duvarlarda ise yarık olan ve yarık olmayan taraflar için sagittal yöndeki yer değiştirmeler ayrı ayrı belirlenmiş olup sırasıyla 0,04 mm ve 0,2 mm olmak üzere posterior yöndedir.

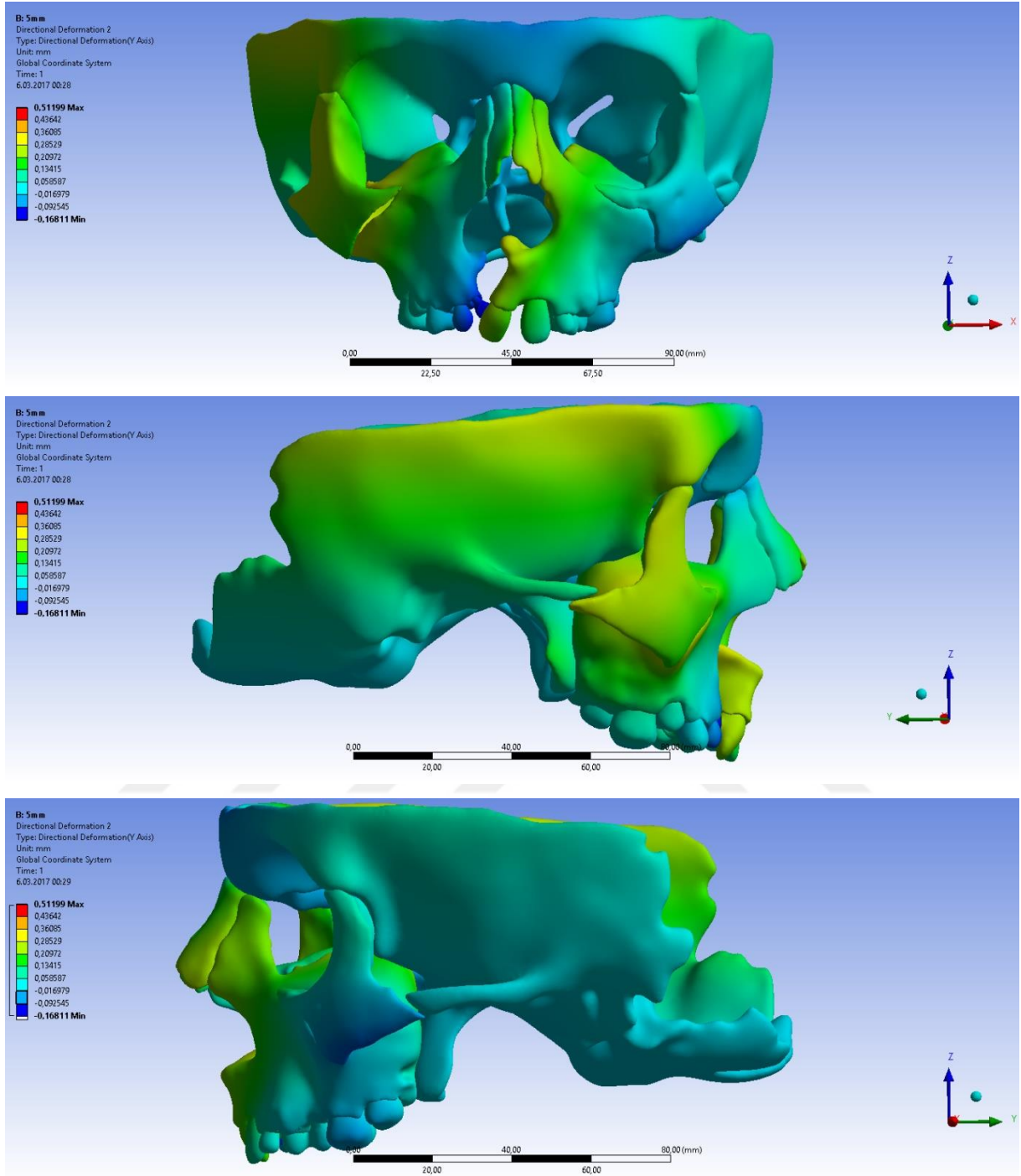
Nazal bölgeye yakın yapılarda (sutura internazalis, sutura frontanazalis, sutura frontomaksillaris, sutura nazomaksillaris) minimal düzeyde posterior yönde hareket gözlenmiştir.

İnfraorbital marjin bölgesi ve foramen infraorbitalis bölgelerinde yine yarık tarafında daha yüksek olmak üzere sırasıyla 0,19 mm ve 0,16 mm; yarık olmayan tarafta ise 0,09 mm ve 0,13 mm posterior yönde yer değişimi bulunmuştur.

Alveolar kemik bölgesinde; incelenen bölgelerden yarık olan tarafta santral kesici diş olmadığından bu bölgeye ait alveolar yapı değerlendirilmemiştir. En fazla sagittal düzlemde yer değiştirme molar ve retromolar bölgelerinde olup 0,16 mm bulunmuştur. Ardından premolar bölgesinde 0,14 mm olmak üzere posterior yönde hareket gözlenirken; yarığın olmadığı tarafta posteriora doğru gittikçe azalan değerlerde ve sırası ile santral kesici diş bölgesinde 0,17 mm, kanin bölgesinde 0,05 mm, premolar bölgesinde 0,01 mm, retromolar bölgede ise ihmal edilebilecek düzeyde posterior yönde yer değişimi belirlenmiştir.

Tablo 3: Tek taraflı DDY hastasına ait modelde yer değiştirme ve von Mises gerilme değerleri

	u _x (mm)		u _y (mm)		u _z (mm)		von Mises (Mpa)	
	Yarık taraf	Yarıksız taraf	Yarık taraf	Yarıksız taraf	Yarık taraf	Yarıksız taraf	Yarık taraf	Yarıksız taraf
Sutura İnternazalis	0,12	0,12	0,12	0,12	-0,3	-0,3	1,53	1,53
Sutura Frontonazalis	0,19	0,18	0	0,12	-0,12	-0,34	0,49	0,51
Sutura Frontomaksillaris	0,08	0	0	0,2	-0,12	-0,33	1,88	0,72
Sutura Nazomaksilaris	-0,12	0	0,05	0,22	-0,21	-0,36	0,57	1,93
Sutura Zigomatikofrontalis	-0,03	0,01	0,23	0,06	0,34	0,12	0,53	0,14
Sutura Zigomatikotemporalis	-0,19	0,43	0,28	-0,03	0,39	0,19	0	0
Sutura Zigomatikomaksillaris	-0,69	0,48	0,26	0,02	-0,86	0,01	8,45	1,54
İnfraorbital marjin	-0,33	0,27	0,19	0,09	0,32	-0,06	4,65	0,56
Foramen infraorbitale	-0,6	0,41	0,16	0,13	0,45	-0,08	0,5	0,22
Zigomatik proses	-1,06	0,66	0,19	0	0,63	-0,1	0,5	0,57
Lateral nazal duvar	-0,81	0,34	0,04	0,2	-0,04	-0,3	0,76	0,73
ANS noktası	-	0,43	-	0,26	-	-0,44	-	0
A noktası	-	0,52	-	0,25	-	-0,48	-	0
Kesici bölgesi	-	0,56	-	0,17	-	-0,37	-	0,01
Kanin bölgesi	-1,38	0,63	0	0,05	0,27	-0,21	0,11	0,01
Premolar bölgesi	-1,19	0,68	0,14	0,01	0,54	-0,17	0,42	0,17
Molar bölgesi	-1,08	0,71	0,16	-0,01	0,56	-0,15	0,34	0,21
Retromolar bölgesi	-0,88	0,74	0,16	0	0,47	-0,18	0,25	0,06
Kesici insizal kenarı	-	0,81	-	0,11	-	-0,38	-	0
Kanin tüberkülü	-1,79	0,82	-0,1	0,07	-0,11	-0,33	0	0
Birinci premolar tüberkülü	-1,66	0,88	-0,02	0,05	0,07	-0,34	0,89	1,26
Birinci molar tüberkülü	-1,66	0,97	0,01	-0,01	0,19	-0,27	0,18	0,17



Resim 14: Tek taraflı DDY hastasına ait modelde antero-posterior düzlemde yer değıştirme dağılımı

Transversal düzlemde yer değiştirme (x ekseninde yer değiştirme)

Transversal yönde belirlenen yer değiştirmeler Tablo 4 ve Resim 15’te verilmiştir. Tabloda transversal düzlem için yer alan değerlerden negatif olanlar sağ taraf için genişlemeyi, sol taraf için daralmayı ifade ederken; pozitif değerler ise sağ taraf için daralmayı sol taraf için genişlemeyi ifade etmektedir.

Tek taraflı DDY hastasında üst çene genişletmesi sonucu meydana gelen ayrılma; yarıksız hastalarda görülen midpalatal suturda değil premaksilla ve maksilla arasındaki kemik defekti bölgesinde gözlenmiştir.

Genellikle hem yarık içeren hem de içermeyen tarafta inferior yapılarda superior yapılara göre daha fazla lateral yer değiştirme görülmüştür benzer şekilde anterior yapıların laterale yer değiştirmesi posterior yapıların laterale yer değiştirmesine göre daha fazla bulunmuştur.

Dentoalveolar bölgede ortaya çıkan değişiklikler yarık olan ve olmayan tarafta simetrik olmayan dağılım göstermektedir. En fazla lateral yer değiştirme miktarı yarığa komşu bölgede kanin tüberkülünde (1,79 mm) olmuştur. Sonra sırası ile birinci premolar ve birinci molar palatinal tüberküllerinde olmak üzere önden arkaya doğru gittikçe azalan değerlerde arka genişleme gözlenmiştir. Yarık hattı kesici diş bölgesini içerdiği için bu bölge değerlendirmeye alınmamıştır. Yarık içermeyen tarafta ise yer değişim miktarları daha az olup önden arkaya doğru artan değerlerde bulunmuştur.

Lateral nazal duvarlarda yarık tarafında 0,81 mm genişleme gözlenirken yarık içermeyen tarafta 0,34 mm genişleme görülmüştür.

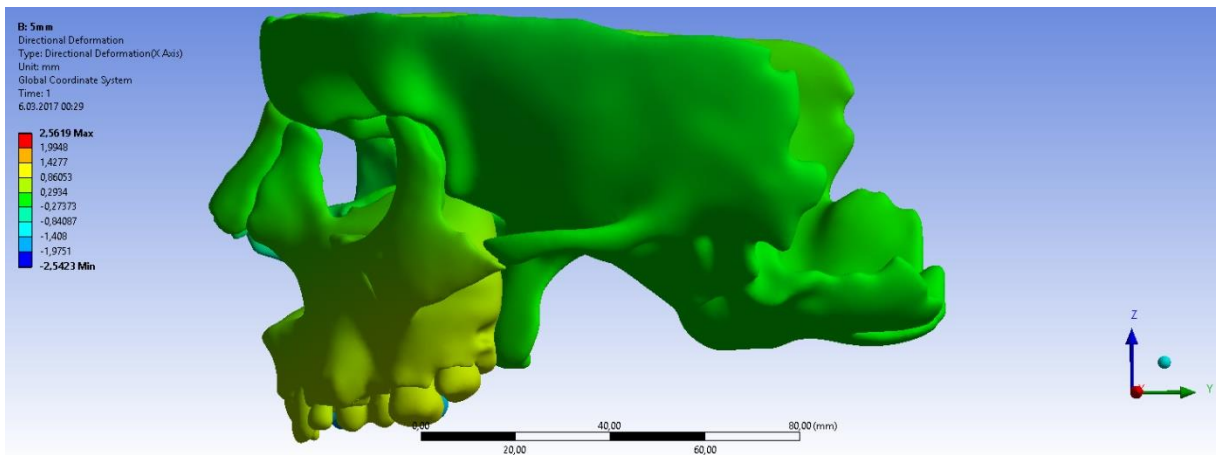
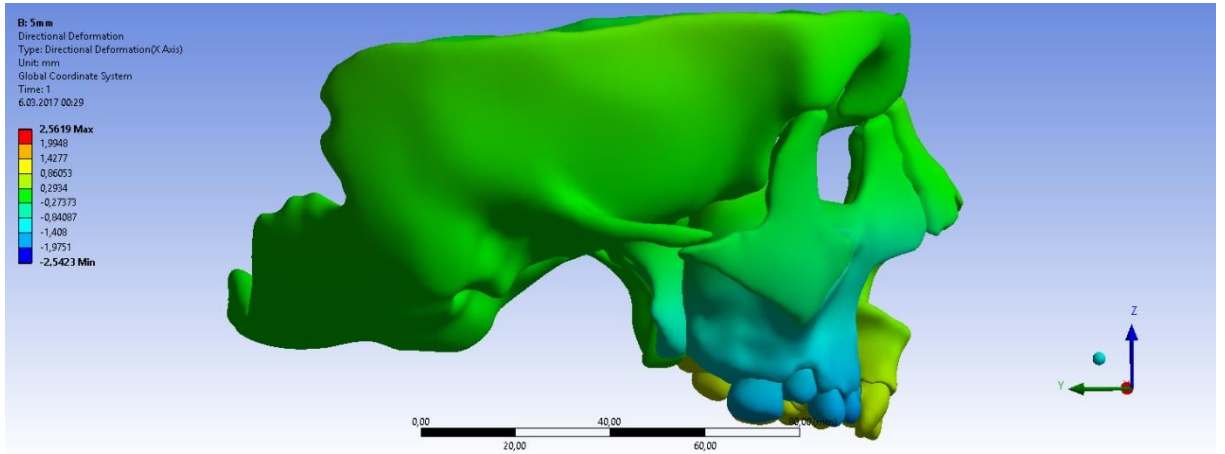
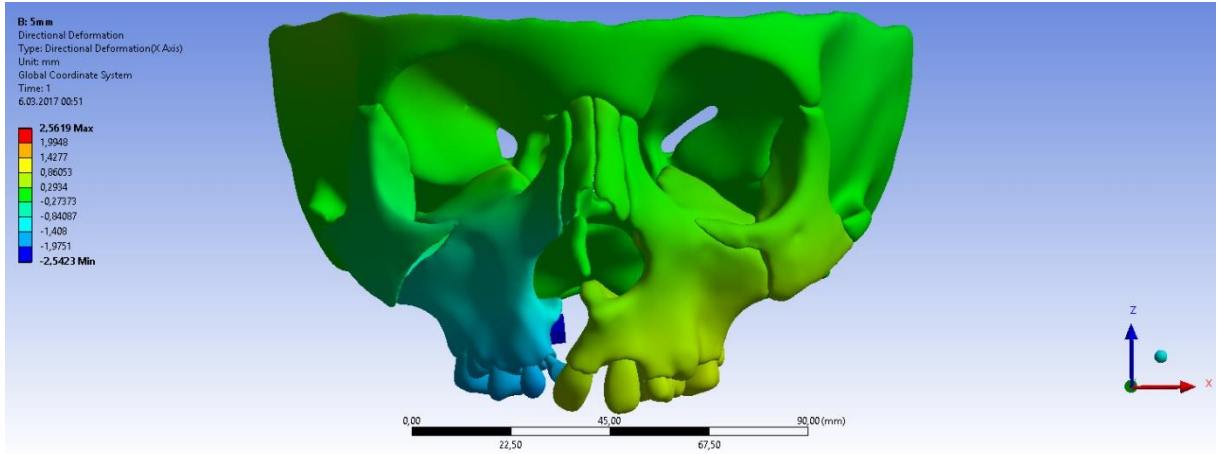
Yarık içeren tarafta incelenen suturalardan nazal bölgeye yakın yapılarda (sutura internazalis, sutura frontanazalis, sutura frontomaksillaris) genellikle minimal düzeyde daralma yani medial yönde hareket gözlenirken yarık içermeyen tarafta bu yapılarda minimal düzeyde genişleme gözlenmiştir.

Zigomatik kemik çevresinde yer alan suturalarda (sutura zigomatikofrontalis, sutura zigomatikotemporalis, sutura zigomatikomaksillaris) ise yarık içeren ve içermeyen her iki tarafta da genişleme belirlenmiştir.

Foramen infraorbitalis ve infraorbital marjinler yarık tarafında sırasıyla 0,6 mm ve 0,33 mm olmak üzere genişlerken yarık içermeyen tarafta sırasıyla 0,41 mm ve 0,27 mm genişleme göstermiştir.

Bunun yanı sıra, A noktası ve ANS noktasının sol tarafa doğru 0,52 mm ve 0,43 mm olmak üzere yer değıştirdiğı belirlenmiştir.





Resim 15: Tek taraflı DDY hastasına ait modelde transversal düzlemde yer değiştirme dağılımı

Vertikal düzlemde yer değiştirme (z ekseninde yer değiştirme)

Tek taraflı DDY hasta modelinde vertikal düzlemde yer değiştirme değerleri Tablo 4 ve Resim 16' da verilmiştir. Tabloda vertikal düzlem için yer alan değerlerden negatif olanlar inferior yöndeki yer değiştirmeyi ifade ederken; pozitif değerler superior yönde yer değiştirmeyi ifade etmektedir.

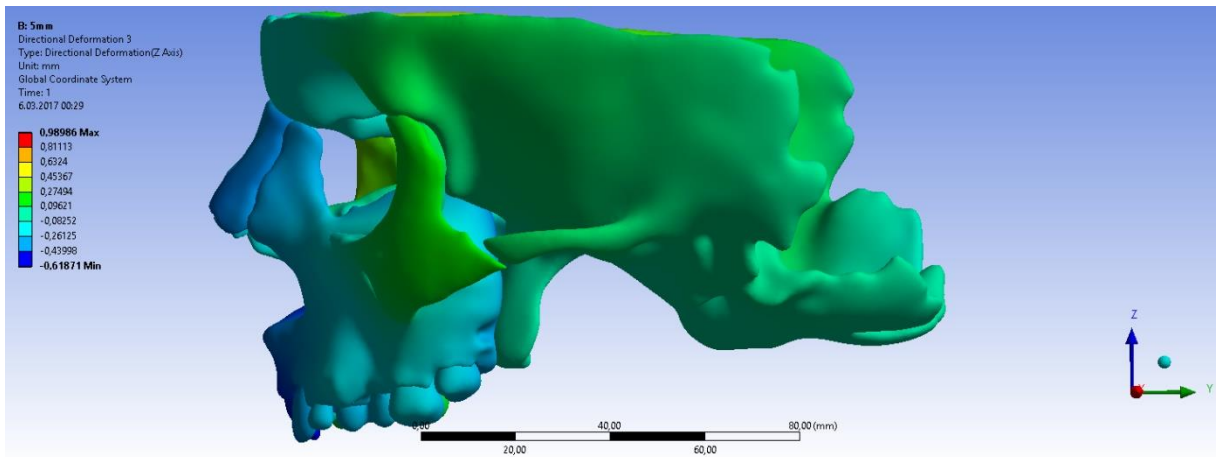
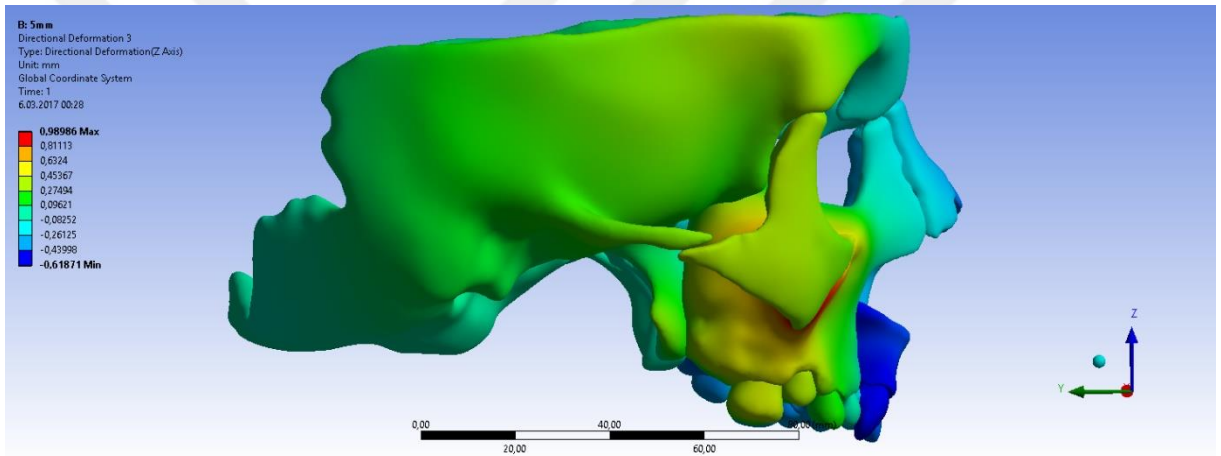
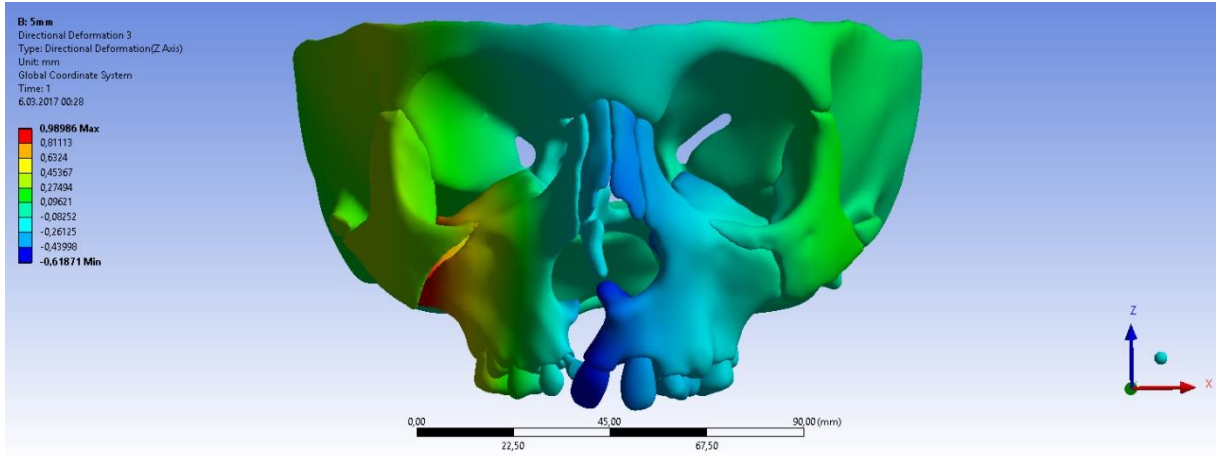
İncelenen suturalar bölgesi değerlendirildiğinde vertikal yönde yer değiştirmeler genel olarak orta hatta yakın yapılarda (sutura internazalis, sutura frontonazalis, sutura frontomaksillaris, sutura nazomaksilaris) inferior yönde gözlenirken, lateral bölgedeki yapılar (sutura zigomatikofrontalis, sutura zigomatikotemporalis) superior yönde yer değiştirme eğilimi göstermiştir.

En fazla inferior yönde yer değiştirme gösteren yapılar yarık içermeyen tarafta ANS noktası (0,44 mm) ve A noktası (0,48 mm); yarık içeren tarafta ise sutura zigomatikomaksillaris (0,86 mm) ve sutura internazalis (0,3 mm) bulunmuştur.

En fazla superior yönde yer değiştirme gösteren yapılar ise yarık bölgesinde zigomatik proses (0,63 mm), foramen infraorbitale (0,45 mm), sutura zigomatikotemporalis (0,39 mm) ve sutura zigomatikofrontalis (0,34 mm) olmuştur.

Lateral nazal duvarlarda, yarık içermeyen tarafta 0,3 mm inferior yönde hareket gözlenirken yarık içeren tarafta hareket miktarı ihmal edilebilecek düzeyde az bulunmuştur. (0,04 mm)

Dentoalveolar ve dental bölgeler değerlendirildiğinde; yarık içermeyen tarafta genel olarak anteriordan posteriora doğru gidildikçe azalan miktarlarda inferior yönde hareket gözlenirken, yarık içeren tarafta ise genel olarak superior yönde hareket gözlenmiştir.



Resim 16: Tek taraflı DDY hastasına ait modelde vertikal düzlemde yer değiştirme dağılımı

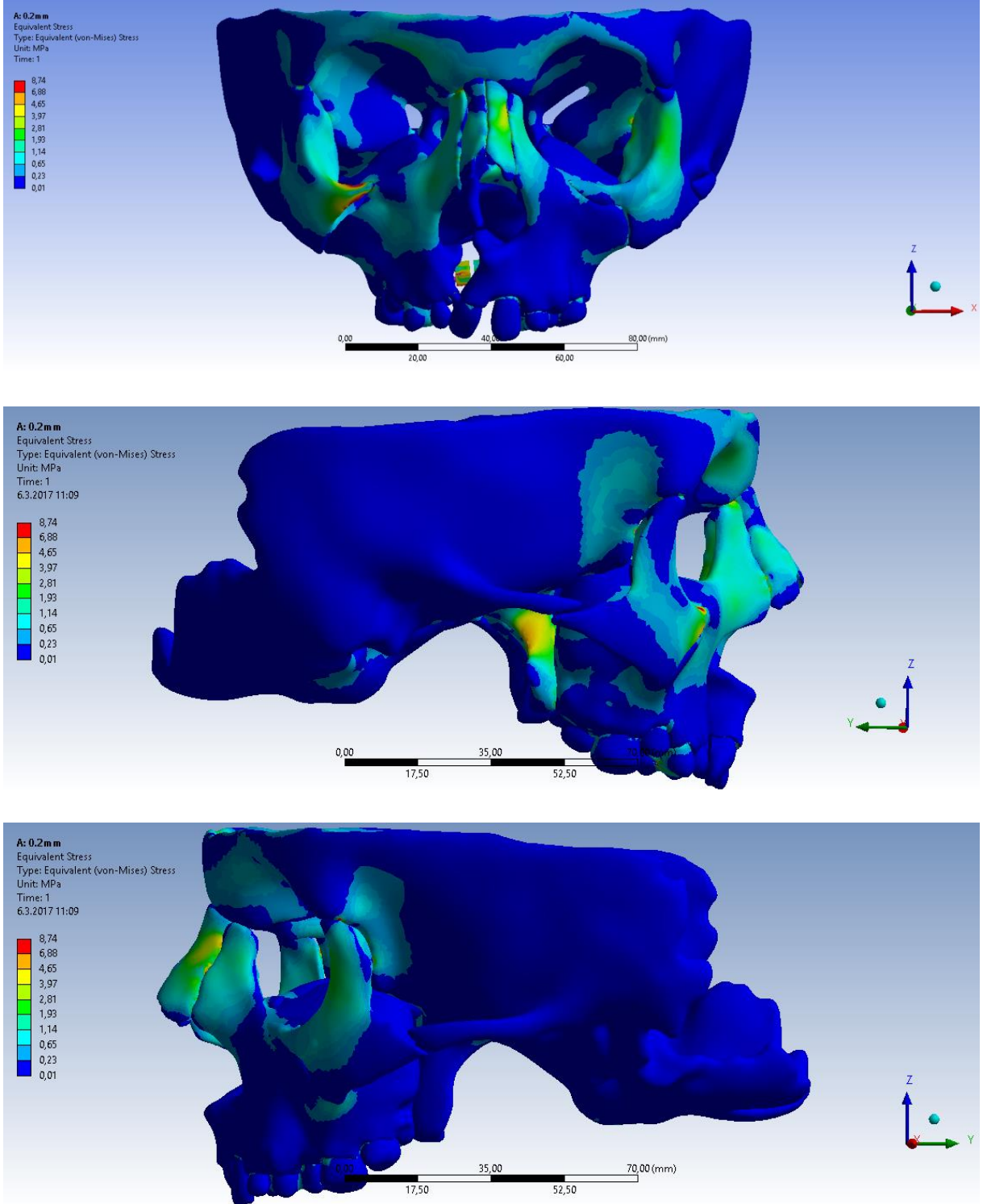
4.1.2. Von Mises Gerilme Dağılımı

Maksimum von Mises gerilmeleri yarıklı tarafta sutura internazalis, sutura frontomaksillaris, sutura zigomatikomaksillaris, düzeyinde bulunmuştur. Yarık içermeyen tarafta da benzer şekilde sutura internazalis, sutura zigomatikomaksillaris ve sutura nazomaksillaris bölgelerinde bulunmuştur. Ancak yarık olan tarafta, olmayan tarafa göre nispeten daha yüksek gerilme değerleri gözlenmiştir. (Tablo 4 ve Resim 17).

Lateral nazal bölgede, yarık olan tarafta 0,76 MPa yarık olmayan tarafta 0,73 MPa von Mises gerilmeleri bulunmuştur.

Dentoalveolar ve dental bölgeler değerlendirildiğinde yarık içeren ve içermeyen tarafta premolar ve molar bölgelerinde stres gerilmeleri yüksek bulunmuştur.

Genel olarak yarık tarafta görülen stres seviyeleri, yarık içermeyen taraftan daha yüksek bulunmuştur.



Resim 17: Tek taraflı DDY hastasına ait modelde von Mises gerilme dağılımı

4.2. Çift Taraflı Komple Dudak Damak Yarıklı Modele Ait Bulgular

4.2.1. Yer Değiştirme Dağılımı

Antero-posterior düzlemde yer değiştirme (y ekseninde yerdeğiştirme)

Sagittal yönde belirlenen yer değiştirmeler Tablo 5 ve Resim 18’de verilmiştir. Tabloda antero-posterior düzlem için yer alan negatif değerler anterior yönde hareketi, pozitif değerler ise posterior yönde hareketi ifade etmektedir.

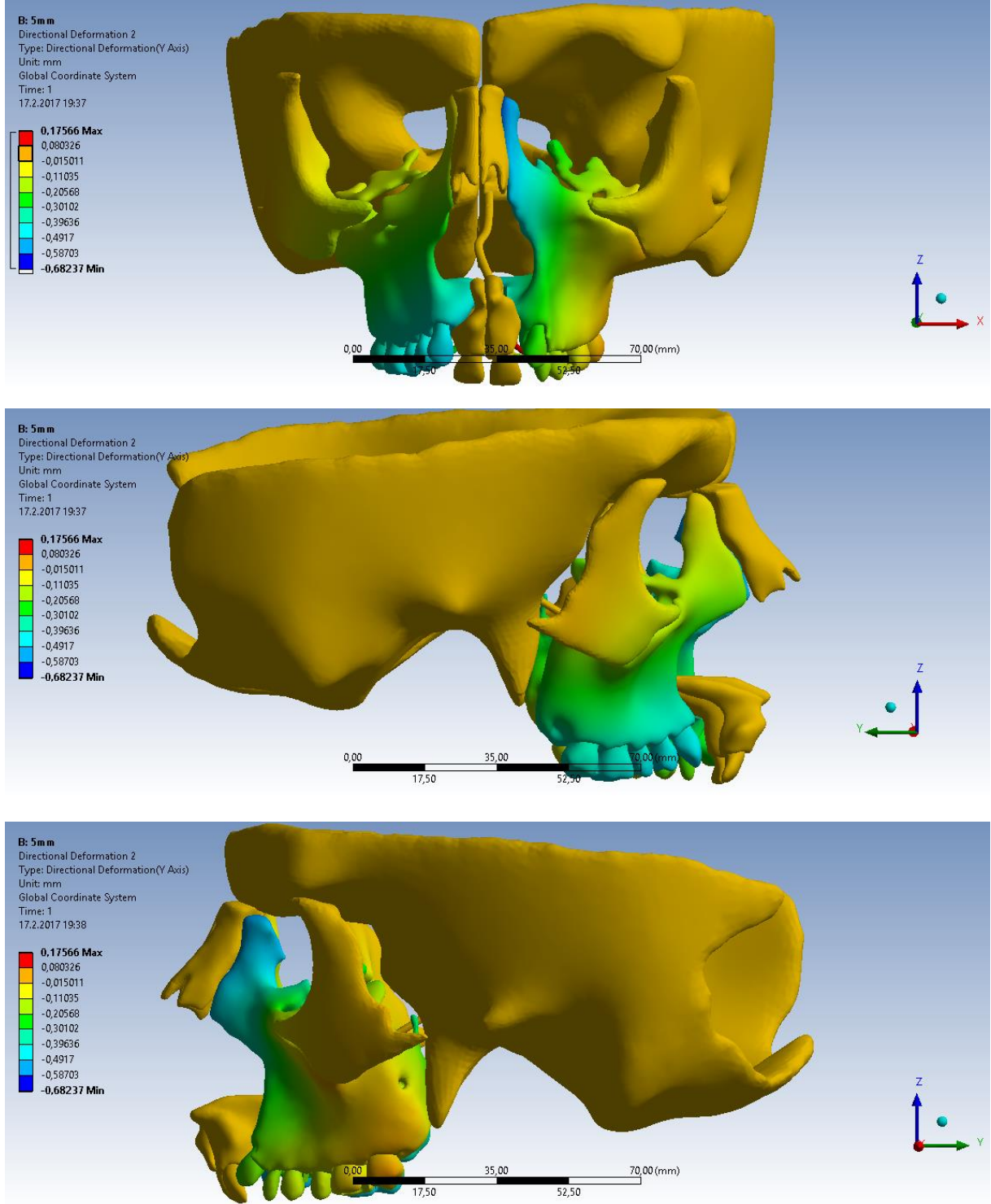
Antero-posterior yönde yer değiştirmeler genel olarak değerlendirildiğinde molar bölgenin ihmal edilebilecek düzeyde (0.01 mm) posteriora hareketi haricinde tüm yapılar anterior yönde yer değiştirme eğilimi göstermiştir.

En fazla anterior yönde yer değiştirme gösteren yapılar; lateral nazal duvar (0,31 mm) ve foramen infraorbitale bölgesi (0,17 mm) olmuştur.

Dental bölgelere bakıldığında kanin tüberkülü (0,20 mm), birinci premolar tüberkülü (0,15 mm), birinci molar tüberkülü (0,11 mm) olmak üzere anteriordan posteriora doğru gidildikçe azalan miktarlarda anterior yönde hareket gözlenmiştir.

Tablo 4: Çift taraflı DDY hastasına ait modelde yer değiştirme ve von Mises gerilme değerleri

	u_x (mm)	u_y (mm)	u_z (mm)	von Mises (Mpa)
Sutura İnternazalis	0	0	0	0
Sutura Frontonazalis	0	0	0	0
Sutura Frontomaksillaris	0,06	-0,03	-0,56	0
Sutura Nazomaksillaris	0,16	-0,08	-0,54	0
Sutura Zigomatikofrontalis	-0,49	0	0	0
Sutura Zigomatikotemporalis	-0,50	0	0	1,57
Sutura Zigomatikomaksillaris	-0,67	-0,06	-0,1	2,92
İnfraorbital marjin	-0,67	-0,08	-0,08	0,42
Foramen infraorbitale	-0,71	-0,17	-0,32	0,32
Zigomatik proses	-0,9	-0,03	-0,23	0,53
Lateral nazal duvar	-0,82	-0,31	-0,49	0,38
ANS noktası	-	-	-	-
A noktası	-	-	-	-
Kesici bölgesi	-	-	-	-
Kanin bölgesi	-1,16	-0,23	-0,54	0,12
Premolar bölgesi	-1,14	-0,07	-0,38	0,17
Molar bölgesi	-1	0,01	-0,31	0,07
Retromolar bölgesi	-0,93	-0,08	-0,46	0,14
Kesici insizal kenarı	-	-	-	-
Kanin tüberkülü	-1,51	-0,20	-0,53	0
Birinci premolar tüberkülü	-1,46	-0,15	-0,55	0,34
Birinci molar tüberkülü	-1,45	-0,11	-0,51	0,35



Resim 18: Çift taraflı DDY hastasına ait modelde antero-posterior düzlemde yer değiştirme dağılımı

Transversal düzlemde yer değiştirme (x ekseninde yer değiştirme)

Transversal yönde belirlenen yer değiştirmeler Tablo 5 ve Resim 19’da verilmiştir. Tabloda transversal yön için yer alan negatif değerler genişlemeyi, pozitif değerler ise daralmayı ifade etmektedir.

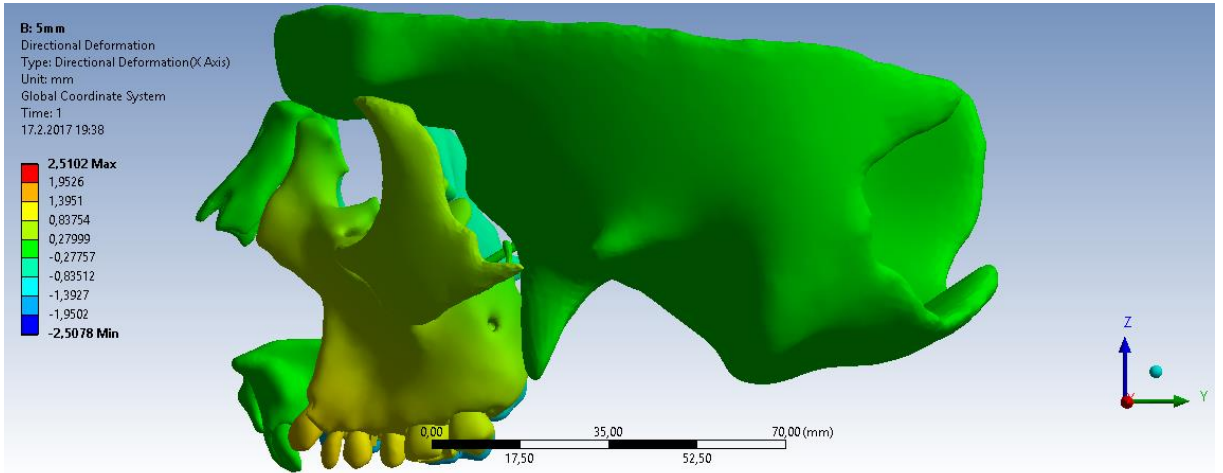
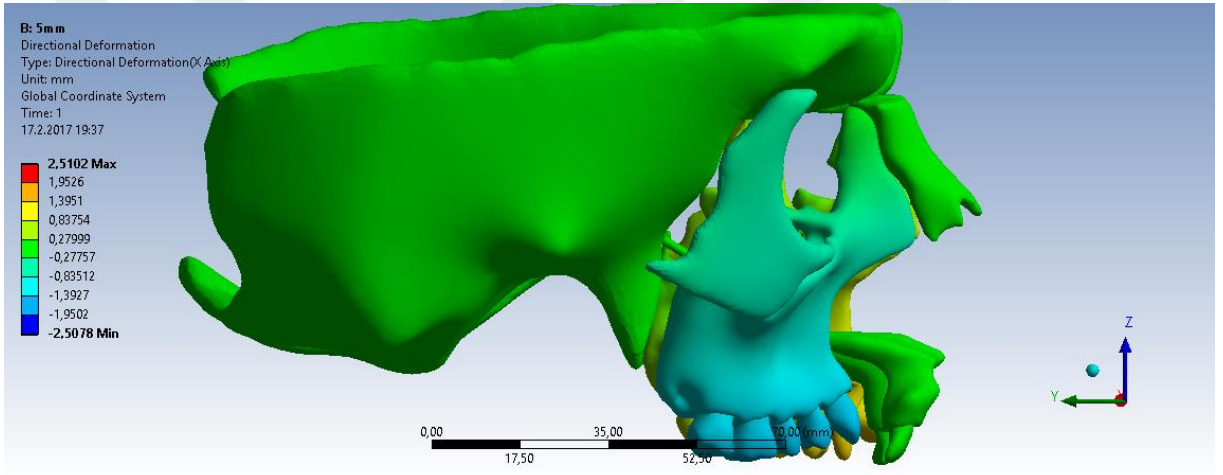
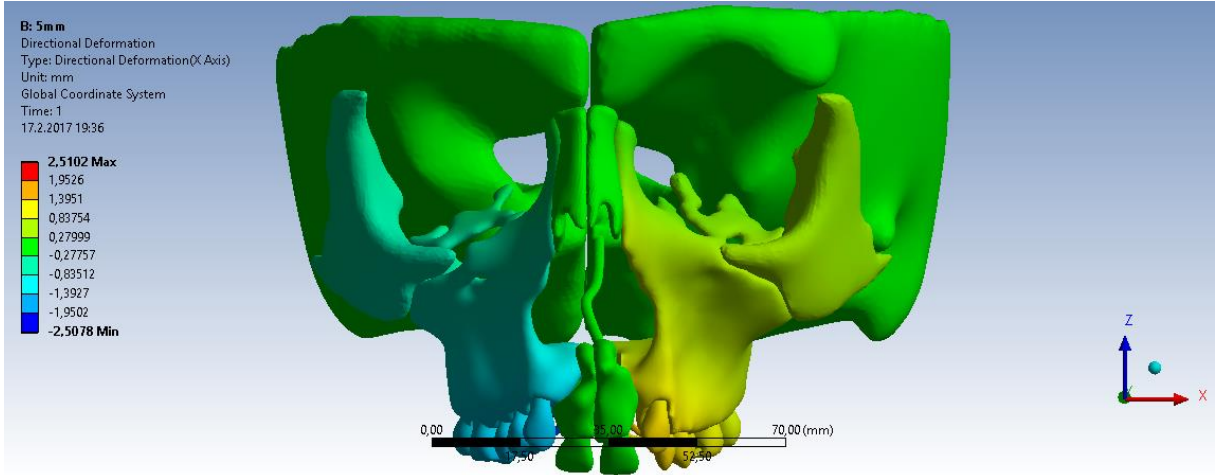
Çift taraflı DDY hastasında üst çene genişletmesi sonucu meydana gelen ayrılma; tek taraflı yarığa sahip hastada olduğu gibi premaksilla ve maksilla arasındaki kemik defekti bölgelerinden meydana gelmiştir.

Anterior yapıların lateral yer değiştirmesi posterior yapıların lateral yer değiştirmesine göre daha fazla bulunmuştur. Benzer olarak inferior yapılarda da superior yapılara göre daha fazla lateral yer değiştirme görülmüştür.

Nazal bölgeye yakın yapılardan sutura internazalis ve sutura frontanazalis bölgelerinde hareket gözlenmemiştir. Sutura frontomaksillaris ve sutura nazomaksillaris bölgelerinde ise minimal düzeyde daralma yani medial yönde hareket gözlenmiştir. Bu yapılar haricinde incelenen tüm anatomik bölgelerde genişleme gözlenmiştir.

En fazla lateral yer değiştirme miktarı kanin tüberkül tepesinde (1,51 mm) olmuştur. Bunu birinci premolar (1,46 mm) ve molar palatinal tüberkülleri (1,45 mm) takip etmiştir. Kanin, premolar ve molar alveolar kemik bölgelerinin de lateral yönde yer değiştirme miktarları fazla bulunmuştur.

Lateral nazal duvarlarda ise 0,82 mm lateral yönde yer değiştirme gözlenmiştir.



Resim 19: Çift taraflı DDY hastasına ait modelde transversal düzlemde yer değiştirme dağılımı

Vertikal düzlemde yer değiştirme (z ekseninde yer değiştirme)

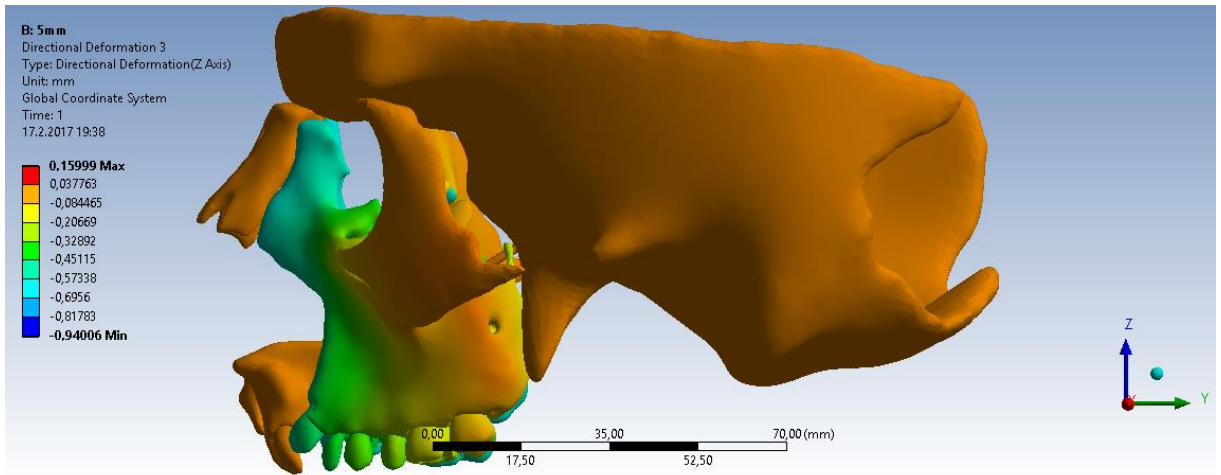
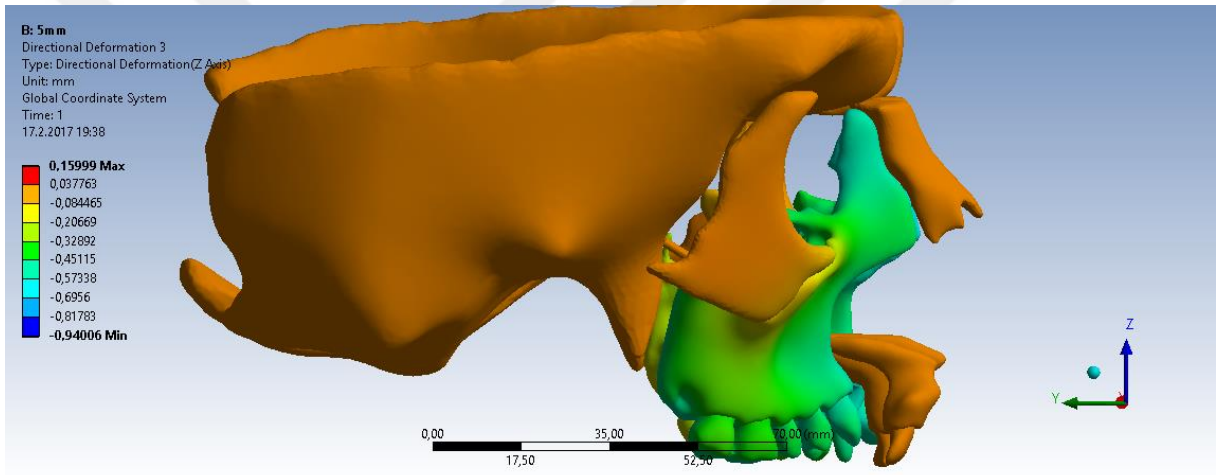
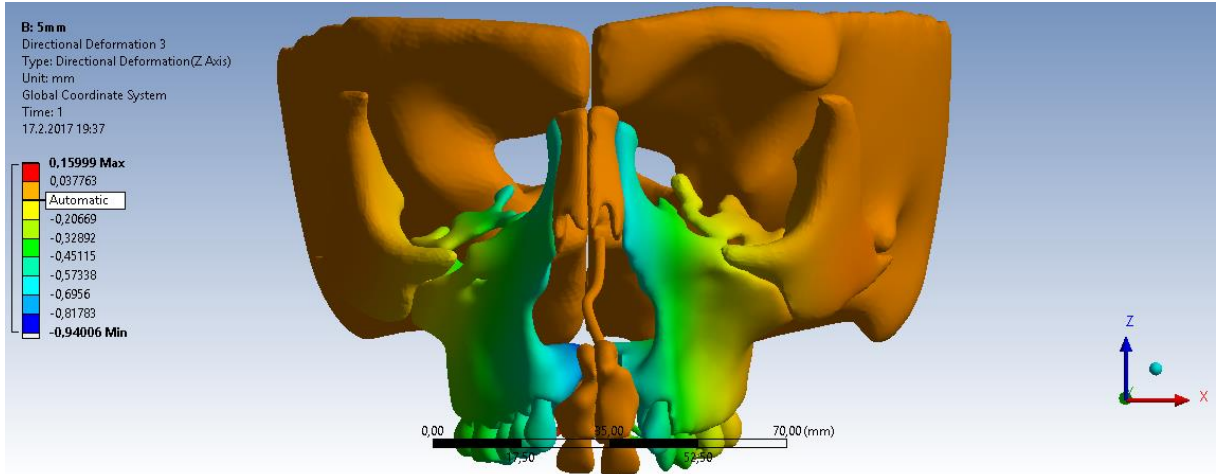
Vertikal yönde belirlenen yer değiştirmeler Tablo 5 ve Resim 20’de verilmiştir. Tabloda vertikal düzlem için yer alan negatif değerler inferior yönde hareketi, pozitif değerler ise superior yönde hareketi ifade etmektedir.

İncelenen suturalar bölgesi değerlendirildiğinde sutura internazalis, sutura frontonazalis, sutura frontomaksillaris ve sutura nazomaksillaris bölgelerinde hareket gözlenmezken, diğer tüm anatomik yapılarda inferior yönde yer değiştirme eğilimi gözlenmiştir.

Dentoalveolar bölge değerlendirildiğinde retromolar alveolar kemik bölgesi hariç anteriordan posteriora doğru gidildikçe azalan miktarlarda inferior yönde hareket gözlenmiş ve en fazla yer değişimi kanin bölgesinde 0,54 mm olarak kaydedilmiştir.

Foramen infraorbitale ve İnfraorbital marjin bölgelerinde görülen yer değiştirmeler sırası ile 0,32 mm ve 0,08 mm olarak inferior yönde bulunmuştur.

Lateral nazal duvarda ise 0,49 mm inferior yönde yer değiştirme gözlenmiştir.



Resim 20: Çift taraflı DDY hastasına ait modelde vertikal düzlemde yer değiştirme dağılımı

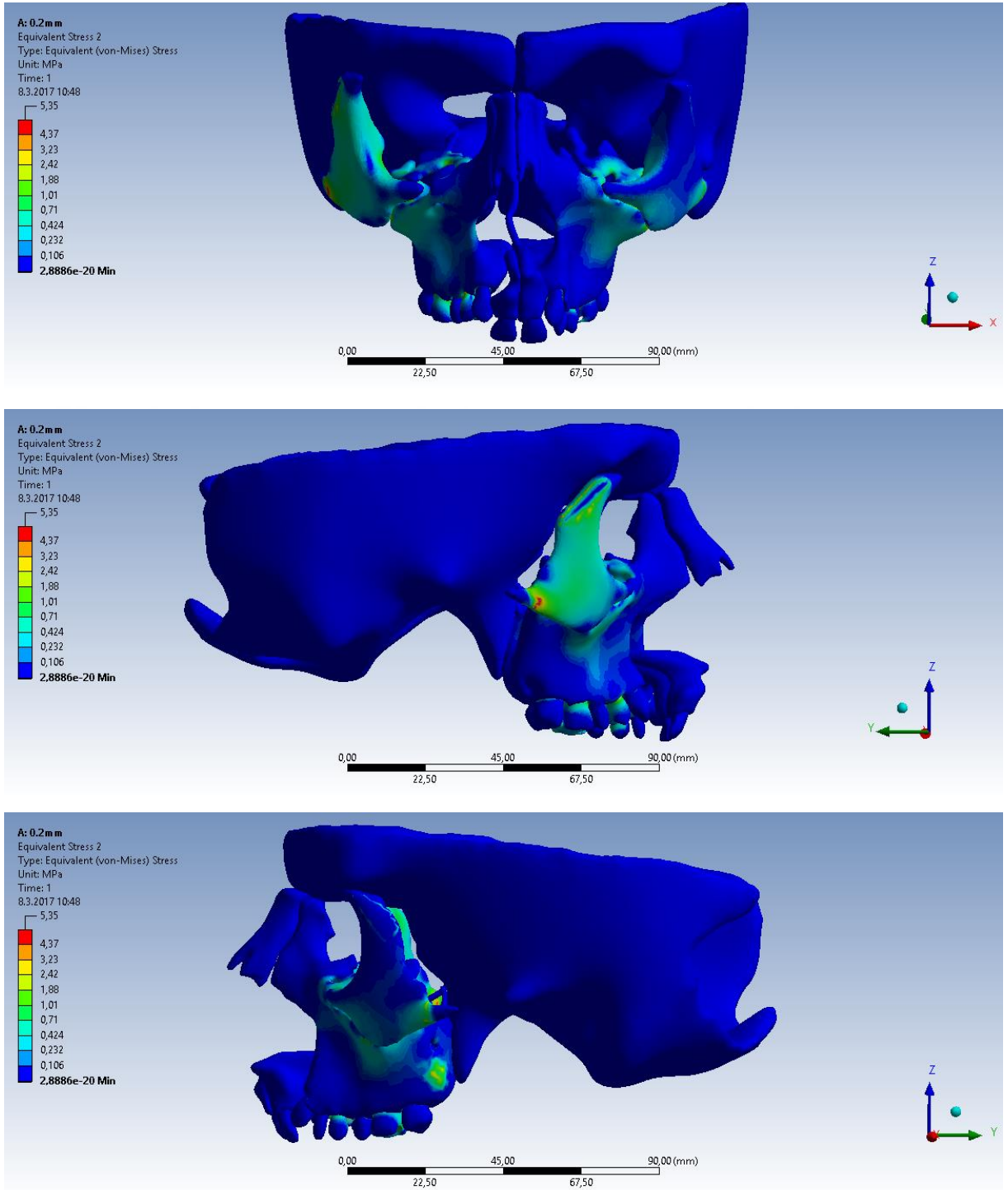
4.2.2. Von Mises Gerilme Dağılımı

Maksimum von Mises gerilmeleri sutura zigomatikomaksillaris (2,92 MPa) ve sutura zigomatikotemporalis (1,57 MPa) bölgelerinde bulunmuştur. (Tablo 5 ve Resim 21).

Zigomatik proses, infraorbital marjin, lateral nazal duvar ve foramen infraorbitale bölgelerinde de von Mises gerilmeleri nispeten yüksek değerlerde saptanmıştır.

Dental bölgeler değerlendirildiğinde birinci premolar ve molar tüberkül bölgelerinde stres gerilmeleri yüksek bulunmuştur.





Resim 21: Çift taraflı DDY hastasına ait modelde von Mises gerilme dağılımı

4.3. İzole Damak Yarıklı Modele Ait Bulgular

4.3.1. Yer Değiştirme Dağılımı

Antero-posterior düzlemde yer değiştirme (y ekseninde yer değiştirme)

Sagittal yönde belirlenen yer değiştirmeler Tablo 6 ve Resim 22’de verilmiştir. Tabloda antero-posterior düzlemdeki değişiklikleri ifade eden değerlerden negatif olanlar anterior yönde yer değiştirmeyi, pozitif değerler ise posterior yönde yer değiştirmeyi ifade etmektedir.

Antero-posterior yönde yer değiştirmeler değerlendirildiğinde orta hatta yer alan sutura frontonazalis, ANS noktası, kesici bölgesi, kanin bölgesi gibi yapılar anterior yönde yer değiştirme eğilimi gösterirken, lateral bölgedeki yapılar posterior yönde yer değiştirme eğilimi göstermiştir.

En fazla posterior yönde yer değiştirme gösteren yapılar sutura zigomatikotemporalis, sutura zigomatikomaksillaris, sutura internazalis, sutura nazomaksilaris bölgeleri olmuştur.

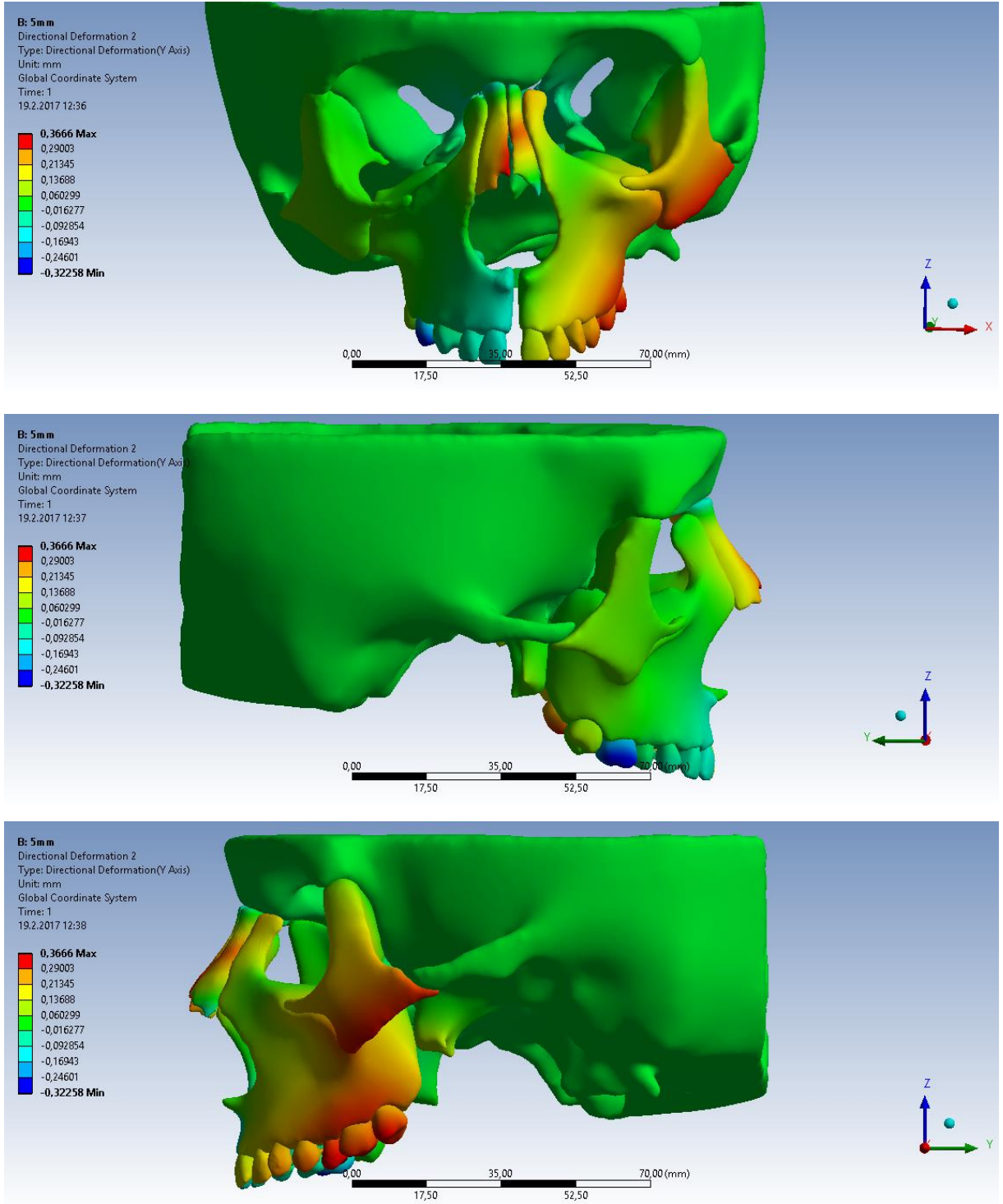
ANS noktası 0,05 mm sagittal düzlemde anterior yönde yer değişimi göstermiştir

Lateral nazal duvarlarda posterior yönde 0,05 mm yer değişimi gözlenmiştir.

Dentoalveolar kemik bölgesinde kesici ve kanin diş bölgesinde anterior yönde yer değişimi gözlenirken molar bölgeye doğru artacak şekilde posterior yönde yer değişimleri gözlenmiştir.

Tablo 5: İzole damak yarıklı hastaya ait modelde yer değiştirme ve von Mises gerilme değerleri

	u_x (mm)	u_y (mm)	u_z (mm)	von Mises (Mpa)
Sutura İnternazalis	0,14	0,17	-0,26	3,27
Sutura Frontonazalis	0,01	-0,08	-0,17	0,25
Sutura Frontomaksillaris	0	0,11	-0,37	0,19
Sutura Nazomaksilaris	0,11	0,16	-0,38	3,24
Sutura Zigomatikofrontalis	-0,06	0,05	0,06	0,06
Sutura Zigomatikotemporalis	-0,18	0,18	0,22	0
Sutura Zigomatikomaksillaris	-0,34	0,14	0,06	1,555
İnfraorbital marjın	-0,27	0,11	-0,02	1,215
Foramen infraorbitale	-0,35	0,09	-0,09	0,895
Zigomatik proses	-0,52	0,15	-0,02	2,65
Lateral nazal duvar	-0,52	0,05	-0,37	1,19
ANS noktası	-1,16	-0,05	-0,80	0
A noktası	-0,95	0	-0,59	0,035
Kesici bölgesi	-1,05	-0,08	-0,61	0,03
Kanin bölgesi	-1	-0,08	-0,33	0,53
Premolar bölgesi	-0,83	0,14	-0,14	0,69
Molar bölgesi	-0,65	0,17	-0,02	1,08
Retromolar bölgesi	-0,4	0,14	-0,02	1,1
Kesici insizal kenarı	-1,38	-0,10	-0,60	0
Kanin tüberkülü	-1,27	-0,07	-0,40	0
Birinci premolar tüberkülü	-1,27	-0,05	-0,34	0,83
Birinci molar tüberkülü	-1,17	-0,25	-0,30	1,075



Resim 22: İzole damak yarıklı hastaya ait modelde antero-posterior düzlemde yer değiştirme dağılımı

Transversal düzlemde yer değiştirme (x ekseninde yer değiştirme)

Transversal yönde belirlenen yer değişimleri Tablo 6 ve Resim 23'te verilmiştir. Tabloda transversal yön için yer alan negatif değerler genişlemeyi, pozitif değerler ise daralmayı ifade etmektedir.

İzole damak yarıklı modelde x eksenindeki yer değişimleri değerlendirildiğinde frontal açıdan tabanı kesici dişler bölgesinde, tepesi nazal bölgede yer alan ve oklüzal açıdan bakıldığında midpalatal suturda, anteriordan posteriora doğru azalma gösteren “V” şeklinde bir açılma gözlenmiştir.

Anterior yapıların lateral yer değiştirmesi posterior yapıların lateral yer değiştirmesine göre daha fazla bulunmuştur. Benzer olarak inferior yapılarda superior yapılara göre daha fazla lateral yer değiştirme görülmüştür.

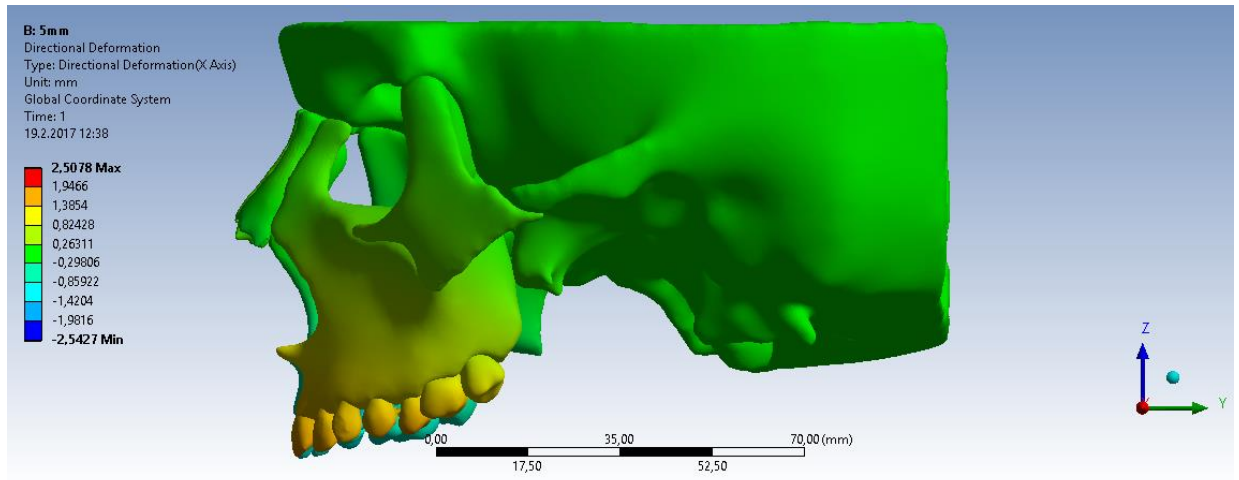
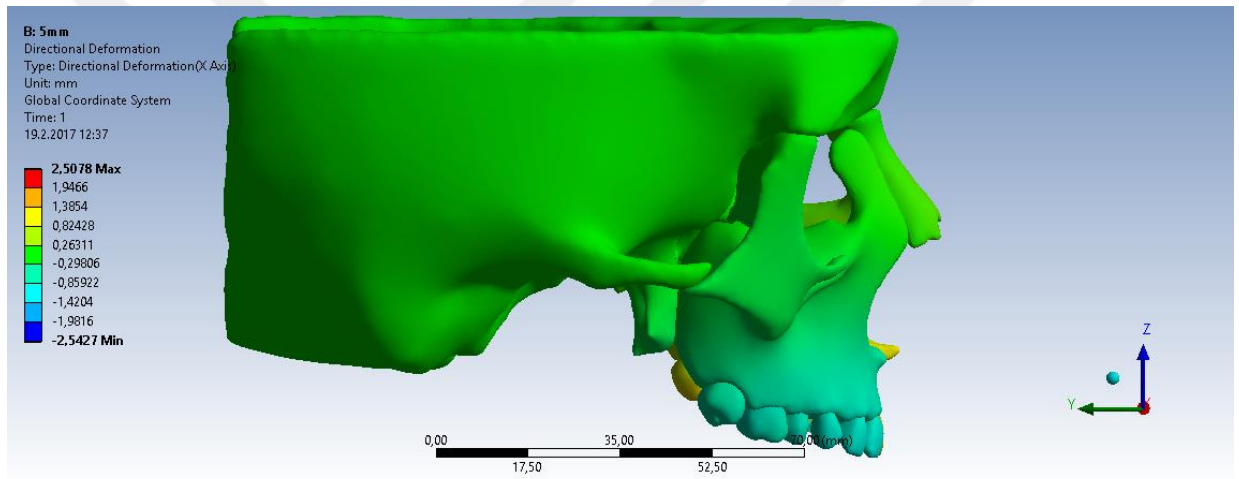
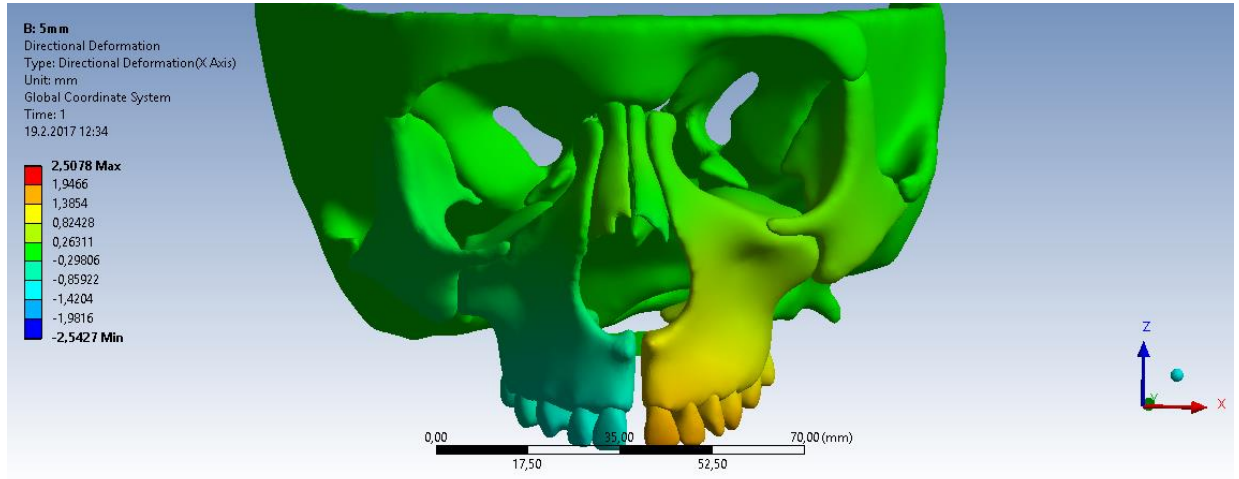
En fazla lateral yer değiştirme miktarı dental bölgede kesici insizal kenarında (1,38 mm) olmuştur. Dentoalveolar kemik bölgeleri ve dental bölgelerde anterior yapılardan posteriora yapılara doğru azalan miktarlarda lateral yer değiştirme mevcuttur.

A noktası ve ANS noktasında lateral yönde yer değiştirme miktarları sırası ile 0,95 mm ve 1,16 mm bulunmuştur.

Lateral nazal duvarlarda 0,52 mm genişleme saptanmıştır.

Nazal bölgeye yakın yapılarda (sutura internazalis, sutura frontanazalis, sutura nazomaksillaris) minimal düzeyde daralma yani medial yönde hareket gözlenmiştir.

İnfraorbital marjin ve foramen infraorbitalis bölgelerinde de 0,27 mm ve 0,35 mm olmak üzere lateral yer değiştirme gözlenmiştir.



Resim 23: İzole damak yarıklı hastaya ait modelde transversal düzlemde yer değiştirme dağılımı

Vertikal düzlemde yer değiştirme (z ekseninde yer değiştirme)

İzole damak yarığına sahip hasta modelinde vertikal düzlemde yer değiştirme değerleri Tablo 6 ve Resim 24'te verilmiştir. Tabloda vertikal düzlem için yer alan değerlerden negatif olanlar inferior yöndeki yer değiştirmeyi ifade ederken; pozitif değerler superior yönde yer değiştirmeyi ifade etmektedir.

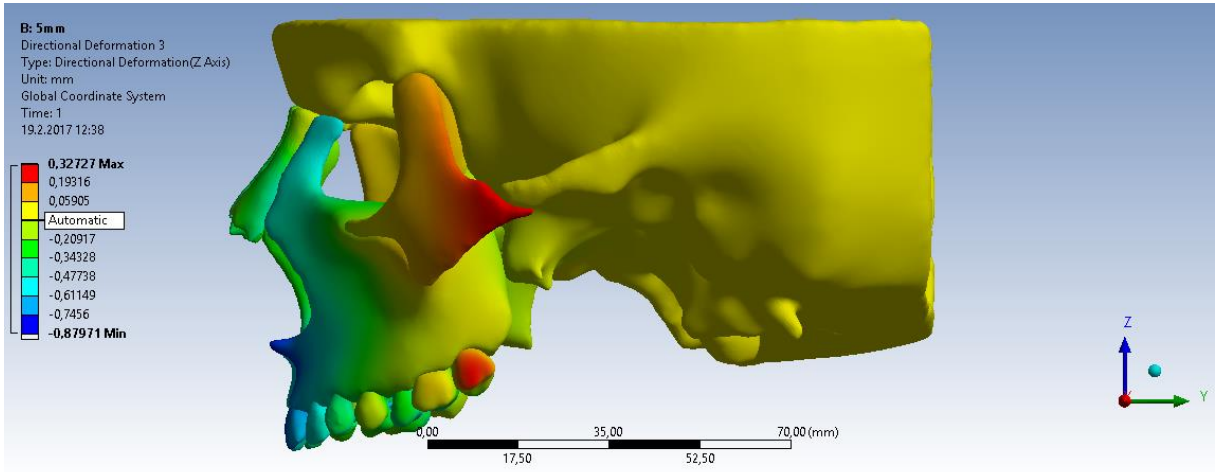
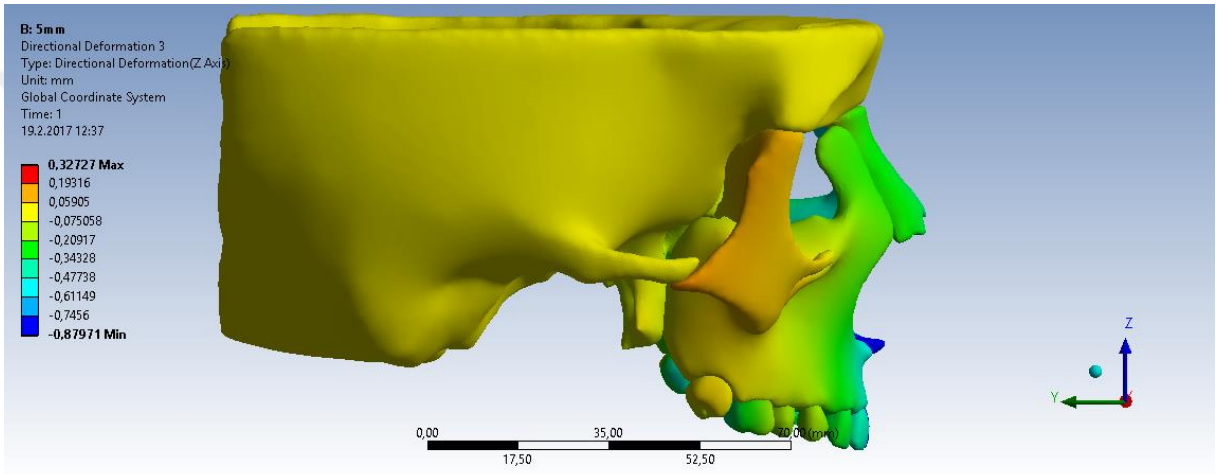
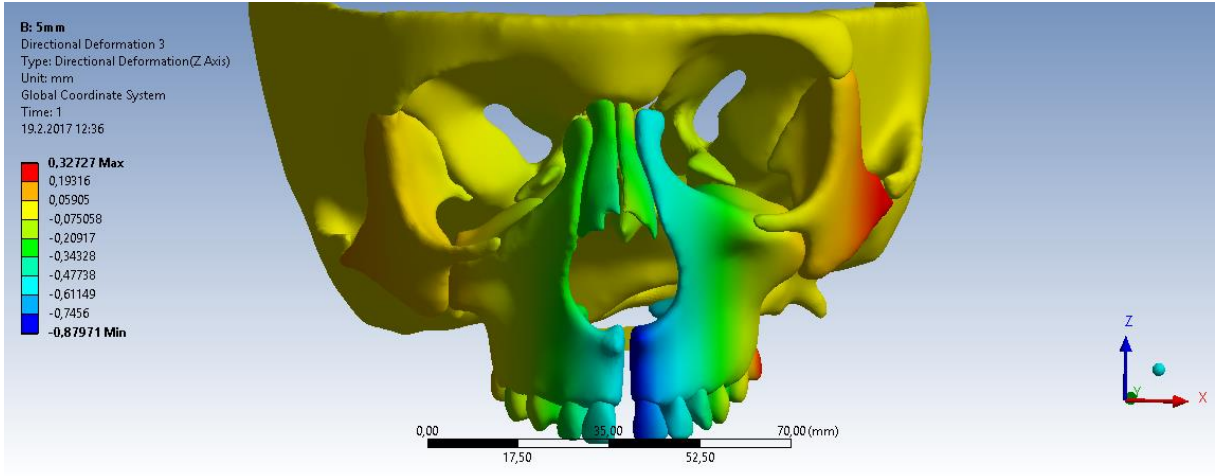
İncelenen suturalar bölgelerinde; vertikal yönde yer değiştirmeler genel olarak değerlendirildiğinde orta hatta yakın yapılar (sutura internazalis, sutura frontonazalis, sutura frontomaksillaris, sutura nazomaksillaris) inferior yönde yer değiştirme eğilimi gösterirken, lateral bölgedeki yapılar (sutura zigomatikofrontalis, sutura zigomatikotemporalis, sutura zigomatikomaksillaris) superior yönde yer değiştirme eğilimi göstermiştir.

En fazla inferior yönde yer değiştirme gösteren yapılar ANS noktası (0,80 mm) ve A noktası (0,59 mm) olarak gözlenmiştir.

Lateral nazal duvarlarda 0,37 mm inferior yönde yer değiştirme gözlenmiştir.

Dentoalveolar ve dental bölgelere bakıldığında anteriordan posteriora doğru gidildikçe azalan miktarlarda inferior yönde hareket gözlenmiştir.

İnfraorbital marjin ve foramen infraorbitalis bölgeleri inferior yönde 0,02 mm ve 0,09 mm yer değiştirmiştir.



Resim 24: İzole damak yarıklı hastaya ait modelde vertikal düzlemde yer değiştirme dağılımı

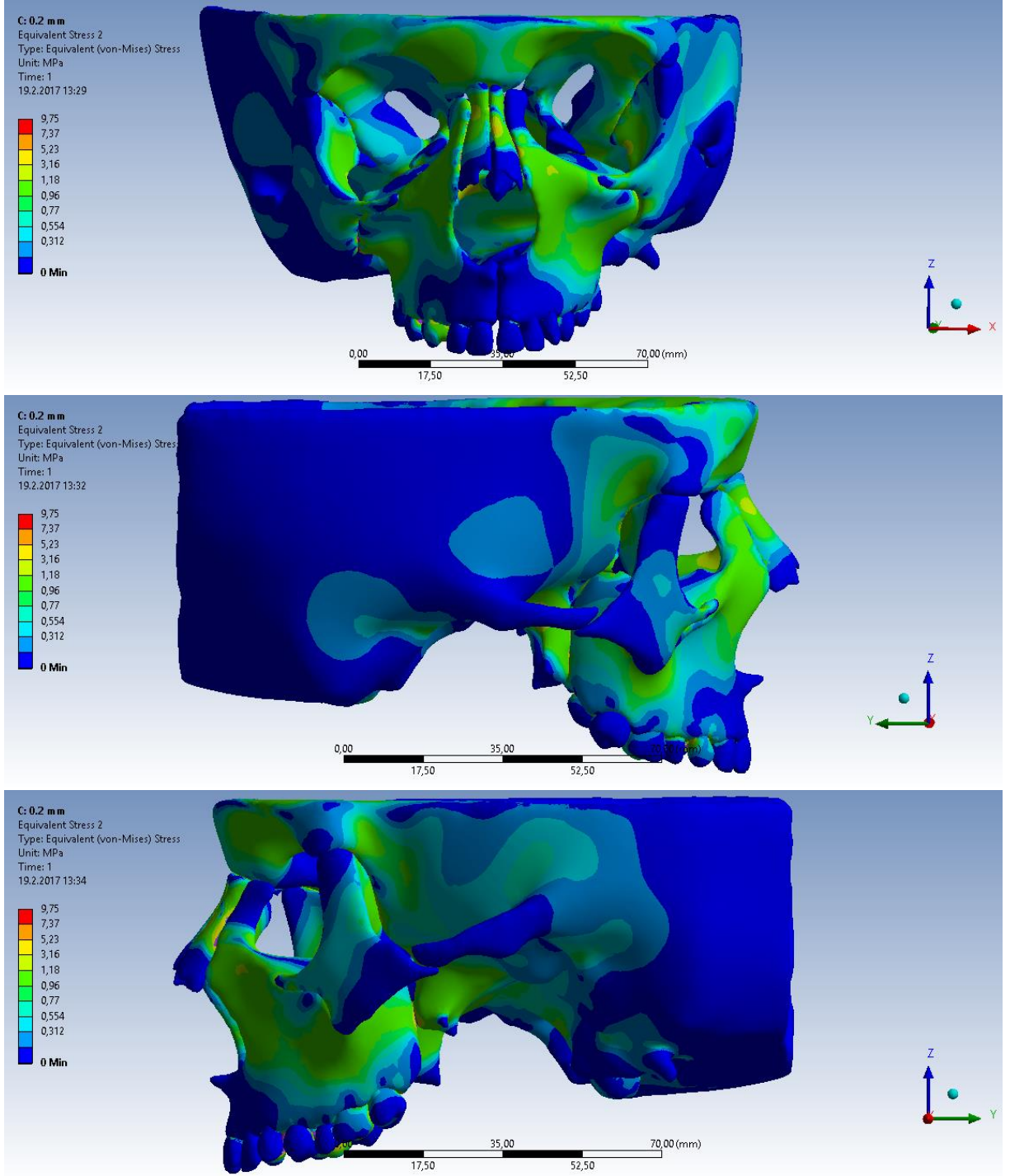
4.3.2. Von Mises Gerilme Dağılımı

Von Mises gerilmeleri Tablo 6 ve Resim 25'te gösterilmiştir. Maksimum von Mises gerilmeleri sutura internazalis (3,27 MPa), sutura nazomaksillaris (3,24 MPa) ve zigomatik proses (2,65 MPa) bölgelerinde gözlenmiştir.

Sutura zigomatikomaksillaris (1,55 MPa), infraorbital marjin (1,21 MPa) ve lateral nazal duvar (1,19 MPa) bölgelerinde de belirgin stress artışları gözlenmiştir.

Dentoalveolar kemik bölgeleri değerlendirildiğinde maksimum gerilmeler retromolar bölgelerdedir ve kesici diş bölgesine doğru azalarak devam etmektedir. Dental olarak da von Mises gerilmeleri birinci premolar ve molar tüberkülü bölgelerinde daha yüksek gözlenmiştir.





Resim 25: İzole damak yarıklı hastaya ait modelde von Mises gerilme dağılımı

5. TARTIŞMA

DDY hastalarında, yüz iskeletindeki anomali transversal, sagittal ve koronal olmak üzere her üç düzlemde de mevcuttur. Opere edilen DDD hastalarında sıklıkla rastlanılan iskeletsel malformasyon; bu üç düzlemde de büyüme yetersizliğine bağlı maksiller yetersizliktir ve transversal düzlemde ark segmentlerinde kollaps bulunmaktadır [3, 4, 56, 199]. Bu iskeletsel asimetri infantil dönemde minör seviyede iken, adolesan dönemde daha şiddetli hale gelmektedir [200, 201].

DDY'li bir çocukta yüz iskeletindeki büyüme geriliği; genetik, yumuşak doku matriksi, mekanik stimülasyon gibi hem intrinsik hem de fonksiyonel faktörlerden kaynaklanmaktadır [25, 202]. Ayrıca skar dokusuna bağlı iatrojenik olarak da büyüme etkilenmektedir [56]. Bunların arasında; özellikle oklüzal kuvvetler önemli bir rol oynamaktadır. Mekanik stimulan olarak, oklüzal kuvvetler ve iskeletsel komponent içindeki ilgili gerilme ve birim şekil değiştirme alanları, uyarılmış kemik remodelasyonuna sebep olmaktadır [203-205]. Oklüzal kuvvetler ve tek taraflı iskeletsel yarığın etkileşimi ile maksillada asimetrik gerilme ve birim şekil değişimi dağılımının oluşması muhtemeldir. Böylece asimetrik iskeletsel büyüme ve gelişim oluşmaktadır [206].

DDY bulunmayan hastalara göre DDD hastalarında maksiller genişletme ihtiyacı genellikle çok daha fazla olduğundan tedavi planlaması ve operasyonlar daha komplike olmaktadır ve relaps riski fazladır [207].

Ortodontik problemlerin çözülmesinde sonlu elemanlar yöntemi, doğruluğu kanıtlanmış matematiksel bir araç olarak kullanılmaktadır [173, 180, 208]. Bu analiz yöntemi, biyomekanik soruları ele almada nümerik bir metod olup mekanik yüklemelerden etkilenen maksiller kemiğin kompleks mekanik davranışını hassas bir şekilde değerlendirmek için etkin bir araştırma aracı olarak kullanılmaktadır. Modeli meydana getiren parçalardan her birine fiziksel özellikleri kazandırılarak analiz işleminin gerçeğe uygun bir şekilde yapılmasına imkan sağlanmaktadır [180, 209, 210]. Bu avantajlarından ötürü araştırmamızda, analiz yöntemi olarak sonlu elemanlar analizi kullanılmıştır.

Bu çalışmada anatomik varyasyonların neden olabileceği farklılıkları da ortaya koymak amacıyla farklı tipte dudak damak yarığı bulunan üç hastaya ait sonlu eleman modeli oluşturulmuştur.

Literatür incelendiğinde dudak damak yarığı bulunan ve bulunmayan hasta gruplarının biyomekanik değişiklikler açısından karşılaştırmalı olarak değerlendiren çalışmalara rastlanmıştır; ancak farklı tipte üç DDY'li hastanın gerilme ve yer değişim bulgularının yarık tipi ile ilişkisinin incelendiği herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Sonlu elemanlar analizinin güvenilirliği ve doğruluğu tamamen modelin geçerliliğine bağlıdır [195]. Bu çalışmada geliştirilen modeller DVT tarama görüntülerine dayanmaktadır. Bu nedenle çalışmamızda, tek taraflı komple dudak damak yarığına sahip 13 yaşında erkek hasta, 15 yaşında çift taraflı komple dudak damak yarığına sahip kadın hasta ve 15 yaşında izole damak yarığına sahip kadın hastaya ait Dental Volümetrik Tomografi kayıtları kullanılarak üç boyutlu sonlu eleman modelleri oluşturulmuştur. Elde edilen modellere hızlı üst çene genişletilmesi simülasyonu ile, 5 mm'lik vida aktivasyonu sonucunda yer değişim değerleri; 0,20 mm'lik vida aktivasyonu sonucunda von Mises gerilmelerine ait dağılımlar incelenmiştir. Bu şekilde dudak damak yarığı deformitesinin, maksiller genişletme işlemi sonrası oluşan yer değiştirme ve gerilmeler üzerindeki etkisinin, farklı tiplerde dudak damak yarığına sahip hastalar arasında değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

5.1. Gereç ve Yöntemin Tartışması

5.1.1. Eleman Tipinin Tartışması

Pan ve ark. 2007 yılında tek taraflı dudak damak yarığına sahip hastada üst çene genişletmesi sonucu oluşan biyomekanik etkileri üç boyutlu sonlu elemanlar analizi ile incelemiş ve lineer, 4 nodlu (düğüm noktası), quadrilateral (tetrahedral) ve triangular (üçgensel) kabuk eleman kullanmışlardır [211].

Holberg ve ark. 2007 yılında, DDY'li hastalarda üst çene genişletmesinin biyomekanik etkilerini incelediği sonlu elemanlar analizi çalışmasında modellenen yapının biyolojik bir yapı olması farklı materyaller ve düzensiz köşeler ve içermesi nedeniyle kompleks vücut geometrisine uygun olduğu için tetrahedral yapılı, 10 nodlu SOLID 187 elemanını kullanmışlardır [187].

Benzer şekilde Ölmez ve ark. 2014 yılında yaptıkları sonlu elemanlar çalışmasında maksiller yetersizlik nedeniyle ortognatik cerrahi endikasyonu olan tek taraflı komple dudak damak yarığına sahip ve dudak damak yarığı bulunmayan iki hastanın sonlu eleman modelini 10 nodlu, tetrahedral yapıda olan SOLID 92 elemanını kullanarak modellemişlerdir [142].

Biz de çalışmamızda; biyolojik yapı modellemesine en uygun eleman tipi olması gerekçesiyle 10 düğüm noktalı (nod), her bir düğüm noktasında 3 olmak üzere toplamda 30 serbestlik derecesine sahip tetrahedral elemanlar kullanmayı tercih ettik.

5.1.2. Eleman Sayısının Tartışması

Kraniyofasiyal simülasyon modellerinin geometrik hassasiyeti, geçen yıllar boyunca oldukça gelişim göstermiştir [187]. 1994 yılında Miyasaka-Hiraga ve ark. [121] modelledikleri kafatasında 1776 eleman, 1998 yılında Işeri ve ark. [180] 2349 eleman, 2003 yılında Jafari ve ark. [173] 6951 eleman tanımlamıştır. 2007 yılında Holberg ve ark. [187] modelledikleri kafatasında yaklaşık olarak 30000 eleman ve 50000 nod, 2011 yılında Gautam ve ark. ise [213] kafatası modellemesinde 131029 eleman tanımlamıştır.

Çalışmamızda simülasyon sonuçlarının gerçekçi ve hassas olması için sonlu elemanlar modelini daha kapsamlı hale getirip detaylandırdık. Bunun için; tek taraflı DDY hasta modelinin oluşturulmasında 2785413 düğüm noktası, 1799565 eleman sayısı; çift taraflı DDY hasta modelinin oluşturulmasında 2508593 düğüm noktası ve 1609498 eleman; izole damak yarıklı hasta modelinde ise yaklaşık 3198386 düğüm noktası ve 2117163 eleman kullanılmıştır. Kullanılan eleman sayısının artırılması analizin daha hassas yapılması ve sonucun gerçeğe daha yakın çıkmasını sağlamaktadır. Ancak bu durum analiz süresini uzatmaktadır. Bu nedenle gerilme değişimlerinin yüksek olduğu bölgelerde birim eleman boyunun küçülmesi ve buna bağlı olarak eleman sayısının arttırılması geometrinin ve yapılacak analizin hassasiyetini de çalışmamızda olduğu gibi arttırmaktadır [143, 187].

5.1.3. Malzeme Özelliklerinin Tartışması

Materyallere ait mekanik özellikler oldukça komplike olduğu için idealde tüm özelliklerin sonlu eleman modeline eklenmesi mümkün olmamakta ve buna bağlı olarak gerçek olan durumu basitleştirmek için bazı ön kabuller yapılmaktadır. Bu ön kabuller nedeniyle problemin çözümüne hata payları eklenmektedir [214, 215]. Örneğin, maksillaya ait kortikal ve spongioz kemiğin organik özellikleri hakkında kesin bir bilgi olmaması nedeniyle yapılan pek çok çalışmada bu yapılara ait Young modülü ve Poisson oranı gibi malzeme özellikleri homojen, izotropik ve lineer elastik olarak kabul edilmiştir. Ancak modellenen yapılar canlı

dokular olduklarından gerçekte lineer elastik değildir, daha dinamik özelliklere sahiptir ve materyal özellikler ile geometrik yapısı bir insandan diğerine farklılık göstermektedir. Bu sebeple analiz gerçekleştirilirken programa girişi yapılan verilerde farklılık olduğunda sonuçların da etkileneceği unutulmamalıdır. Bu durum problemi daha da komplike hale getirmektedir [175, 178, 179].

Strait ve ark. [216]'nın farklı elastik özellikler kullanarak modelleme yaptıkları ve doğru bir sonlu eleman modeli oluşturmak için ne kadar hassasiyetin gerekli olduğunu araştırdıkları çalışmada da belirtildiği gibi, bazı çalışmalarda türe özgü elastik özelliklerinin iyi bilinmesi gereklidir, aksi takdirde olması gerekenden farklı deformasyonların oluşma riski vardır. Bu durumda da biyomekanik ve gelişimsel sorulara verilecek yanıtlarda sınırlamalar oluşacaktır [216].

Yumuşak dokuların modellenmesi oldukça zordur. Çiğneme kaslarının bir kısmı kontraksiyon ile bir kısmı gevşeme ile aktive olduğundan farklı malzeme özelliği göstermekte ve sistem üzerindeki gerçek kas yüklemeleri hakkında henüz belirli ve yeterli bir bilgi bulunmamaktadır. Buna ek olarak DDY hastalarında yarık bölgesinin onarımı esnasında geniş bir mukoperiostal flep kaldırılmakta ve iyileşme sırasında meydana gelen skar dokusu sebebiyle maksillanın büyümesi ve dental arkın gelişimi inhibe olabilmekte böylece daha posteriorda yer alan, dar ve kısa bir maksilla oluşmaktadır. Ancak yumuşak dokular hiperelastik malzeme davranış özelliği gösterdikleri için mimik kasları, çiğneme kasları, diş eti, yumuşak damak, velofaringeal bölge, skar, deri gibi farklı yönde davranış gösteren bu yapılar çalışmaya eklenmemiştir [177].

DDY'li hastanın doku malzeme özellikleri bundan önceki literatürlerde bildirilmediği için bizim de çalışmamızda, DDY'li bir hastanın özelliklerinin normal insanlardakine benzer olduğu varsayılmıştır.

Çalışmamızda kullanılan bu materyallerin malzeme özellikleri de izotropik, homojen ve lineer elastik olarak kabul edilmiş ve geçmişte yapılan çalışmalarda sıklıkla kullanılan, Tablo 2'de belirtilen Young modülü ve Poisson oranı değerleri kullanılmıştır [178, 188-198, 217].

5.1.4. Sınır Koşullarının Tartışması

Literatürde kraniyofasiyal iskelette oluşan yer değiştirme ve gerilme değerlerinin araştırıldığı ve sonlu elemanlar yönteminin kullanıldığı birçok çalışmada, kafatasında uygulanan sınır koşulları foramen magnum bölgesinde, sıfır yer değiştirme ve rotasyon olarak tanımlanmıştır [165, 166, 184, 187, 195, 211, 218].

Çalışmamızda da benzer şekilde sınır koşulları foramen magnum bölgesinde sıfır yer değiştirme ve sıfır rotasyon olarak alınmış ve modele bir dayanak noktası oluşturulmuştur.

5.2. Bulguların Tartışması

Farklı gerilme ve yer değişimi değerlerinin görülmesinin nedeni; çalışmalarda kullanılan farklı materyal özellikleri, farklı kuvvet değerleri, farklı sınır koşulları, farklı düğüm ve eleman sayıları, asal gerilmeler yerine von Mises gerilmelerinin değerlendirilmesi gibi birçok faktöre bağlı olabilmektedir. Bu nedenle, sonlu elemanlar analizi ile yapılmış çalışmalarda; elde edilen gerilmelerin büyüklükleri değil, oluştukları bölge ve gerilmenin karakteri karşılaştırılmaktadır.

5.2.1. Antero-Posterior Düzlemde Yer Değiştirme Dağılımının Tartışması

Sandikcioglu ve Hazar 1997 yılında, miks dentisyon döneminde posterior çapraz kapanışa sahip 30 hastada Hyrax, Quad-Helix ve hareketli üst çene genişletme apareylerini karşılaştırıldığı çalışmada, İşeri ve ark. 1998 yılında 12 yaşında erkek bir bireye ait tomografi görüntüsünden elde edilen modelde hızlı üst çene genişletmesinin kraniyofasiyal sistem üzerine etkilerini sonlu elemanlar analizi ile incelediği çalışmasında ve 1999 yılında Memikoglu ve İşeri 'nin 14 hastada postero-anterior sefalogramlar ve hasta modelleri üzerinde yapmış oldukları çalışmalar neticesinde maksillanın transversal genişlemesi sonucu sagittal yönde (overjet) artış olacağını bildirmişlerdir. [180, 219, 220] Velazquez ve ark. ise 1996 yılında 30 hasta üzerinde Haas apareyi kullanarak hızlı üst çene genişletmesinin etkisini, lateral sefalogramlar ile değerlendirdiği çalışmasında böyle bir etki görmemiştir [221]. Tindlund ve ark. 1993 yılında 112 yarık deformitesi bulunan hastada Quad-Helix apareyi ile üst çene genişlemesinin maksillada meydana getirdiği sagittal etkiyi lateral sefalogramlar ile değerlendirdiği çalışma sonucunda anlamlı sonuçlara ulaşılmadığını belirtmiştir [222]. Pan ve ark. ile Wang ve ark. sonlu elemanlar simülasyonu ile tek taraflı DDY hastasında hızlı üst çene

genişletmesinin biyomekanik etkilerini sonlu elemanlar analizi ile inceledikleri çalışmalarında, DDY’li hastanın maksillasında minimum sagittal değişiklikler gözlemlemişlerdir. Bu durumu, dudak ve çevresel kaslarının sınırlı tonisitesinden kaynaklanabileceği ile açıklamışlardır [195, 211].

Gautam ve ark.’nın 2011 yılında tek taraflı DDY hastası modelinde farklı teknikler kullanarak yaptıkları cerrahi destekli hızlı üst çene genişlemesi sonucunda nazomaksiller komplekste anterior yönde yer değişimi gözlemlemişlerdir. Yalnızca midpalatal sutur osteotomisi yapılan grupta dişler ve alveolar kemik posterior yönde hareket ederken zigomatik buttress osteotomisi yapılan grupta maksiller komplekste genel olarak posterior yönde yer değişimi eğilimi saptanmıştır. Ancak hem Lefort I osteotomisi hem de midpalatal sutur osteotomisi uygulanan grupta maksiller kompleksin anterior yönde hareketi gözlenmiştir. Bu bulgulara göre, dudak damak yarıklı hastalarda zaten mevcut olan maksiller retrüzyon daha da kötüleştirebilir. Bunu önlemek için genellikle maksiller protraksiyon tedavileri de önerilmektedir [166].

Wang ve ark.’nın tek taraflı DDY hastasında hızlı üst çene genişletmesinin biyomekanik analizini inceledikleri çalışmalarında y ekseninde; zigomatik kemik, frontal kemik, nazal kemik ve sfenoid kemiğin büyük kanadı posterior yönde hareket ederken; sfenoid kemiğin pterigoid plakları, dentoalveolar bölgeler ve maksillanın anterior yönde hareketi gözlenmiştir [195].

Çalışmamızda tek taraflı komple dudak damak yarıklı modelde antero-posterior yönde yer değişimlerini değerlendirdiğimizde genel olarak yarık içeren ve içermeyen taraftaki yapıların posterior yönde yer değiştirme eğilimi gösterdiğini gözlemledik. Tek taraflı DDY modelinde sagittal düzlemdeki yer değiştirme dağılımları asimetrik bulunmuştur. Bu asimetrik dağılım tek taraflı DDY hastalarındaki mevcut anatomik dokulardaki yapısal ve fonksiyonel asimetriden dolayı beklenen bir durumdur.

Çift taraflı komple dudak damak yarıklı modelde ise tüm yapıların anterior yönde yer değiştirme eğilimi gösterdiğini gözlemledik. İzole damak yarıklı modelde ise orta hatta yer alan sutura frontonazalis, ANS noktası, kesici bölgesi, kanin bölgesi gibi yapıların anterior yönde yer değiştirme eğilimi gösterdiğini, lateral bölgedeki yapıların ise posterior yönde yer değiştirme eğilimi gösterdiğini gözledik.

Farklı tiplerdeki DDY hastalarımıza ait sonlu elemanlar modellerinde var olan alveolar yarık hatları, alveolar kemik grefti ile cerrahi olarak kapatılmamıştır. Bu modellerdeki greftlenmemiş alveolar bölgeler nedeniyle üst çene genişletmesi sonrası ortaya çıkan farklı miktarlardaki antero-posterior yer değişimlerinin anatomik yapıdaki bu farklılığa bağlı oluşabileceğini düşünmekteyiz.

5.2.2. Transversal Düzlemde Yer Değiştirme Dağılımının Tartışması

Subtelny ve Brodie 1954 yılında tek taraflı 6 DDY’li hasta üzerinde frontal sefalometrik filmleri kullanarak yaptıkları çalışmada; tek taraflı yarığa sahip hastada ağırlıklı olarak hareketin yarık tarafında olduğu bildirirken, yarıksız tarafta nispeten daha az hareket gözlenmiştir [223].

Isaacson ise 1964 yılında 5 DDY’li hasta üzerinde gümüş konlar yerleştirerek üst çene genişletme işleminin etkilerini lateral, postero-anterior sefalogramlar ve hasta modelleri üzerinde değerlendirdiği çalışmasında, DDY hastalarında uygulanan üst çene genişletme prosedürüne cevabın gerçekte önceden tahmin edilemeyeceği sonucuna varmıştır [224].

2007 yılında Pan ve ark. tek taraflı DDY hastasına ait model üzerinde hızlı üst çene genişletme simülasyonu yaparak yarıklı ve yarık içermeyen tarafları ayrı ayrı inceledikleri karşılaştırmalı çalışmada, maksillada asimetrik hareket gözlemlemişlerdir [211].

Mathew ve ark. 2016 yılında tek taraflı DDY hasta modelinde, hyrax ve kemik destekli üst çene genişletme apareyi (BBPE) olmak üzere farklı tipte üst çene genişletme apareylerini kıyasladıkları çalışmalarında her iki apareyde de yarık tarafında displacement miktarlarını yüksek bulmuşlardır [225].

Çalışmamızın verilerine göre en fazla ekspansiyon çift taraflı yarığa sahip modelde gözlenmiştir. Benzer miktarda genişleme tek taraflı yarığa sahip modelin yarık içeren tarafında izlenmiştir. Daha az genişleme izole damak yarığına sahip hasta modelinde ve daha da az miktarda ekspansiyon tek taraflı yarığa sahip hastanın yarık içermeyen tarafında kaydedilmiştir.

Zhang ve ark.’nın 13 yaşında tek taraflı DDY hastasına ait modelde maksiller protraksiyona üst çene genişletme işleminin etkisini araştırdıkları çalışmada, maksillaya genişletilmeden sadece protraksiyon kuvveti uygulandığında dental arkın daraldığını bildirmiş

ve maksillanın protraksiyon uygulaması öncesi genişletilmesi gerekliliğini vurgulamış ve bu genişletme işleminin asimetrik bir şekilde yapılabileceğini bildirmiştir [218].

Üst çene genişletme işlemine yanıt olarak, maksillanın iki yarısı için asimetrik bir genişleme paterninin yanı sıra zigomatik kemik gibi diğer bölgelerde de bu asimetrik değişimler gözlenmiştir. Bizim çalışma sonuçlarımızla da uyumlu olarak daha önceki çalışmalarda da tek taraflı DDY hastalarında bu asimetrik değişimlerden bahsedilmiştir [187, 211, 224].

Wang ve ark.'nın tek taraflı DDY hastasında hızlı üst çene genişletmesinin biyomekanik analizini inceledikleri çalışmalarında ise; x ekseninde en yüksek yer değiştirme değerleri dental bölgede bulunmuş ve bu değerlerin inferior bölgeden superiora doğru kademeli olarak azaldığını belirtmişlerdir. Çalışmamızda Wang ve ark.'nın çalışmasına benzer şekilde her üç farklı yarık tipine sahip modelde de en yüksek yer değiştirme değerleri dental bölgelerde bulunmuştur.[195]

Pan ve ark. DDY hastasında genişletme simülasyonu sonucunda üst dental orta hatta diastema gözlemlemişlerdir. Ancak DDY'li hastaların üst çene genişletmesi ile ilgili klinik pratiğinde anteriorda açıklık ve dişlerin anteriora hareketini nadiren gözlemlediklerini belirtmişlerdir. Bunun sebebi olarak damak ve dudak bölgesindeki skar dokusunun yumuşak dokuda meydana getirdiği gerginlik olabileceğini bildirmişlerdir. Kraniyofasiyal iskelet dokularının, genişletme kuvvetlerine karşı hemen direnç gösterirken, özellikle DDY hastalarında dudak ve damakta yer alan skar dokularını içeren yumuşak doku kompleksinin de aynı derecede önemli bir faktör olduğunu ve çiğneme kasları gibi yüz kompleksinin diğer kaslarının nispeten esnek ve genişletme kuvvetleri uygulandığında gerilebilme özelliğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Gerilmiş kaslar, bağlar ve fasya yeni ortama kalıcı olarak uyum gösterse de, skar dokusu uzun vadeli stabiliteyi etkileyebilecek kuvvetler üretmeye devam edeceğini bildirmişlerdir [211].

Çalışmamızdaki genişleme miktarı tek taraflı DDY hasta modelinde, Pan ve ark.'nın sonuçlarına uygun olarak yarık içeren tarafta kanin diş bölgesinden posterior segmente doğru azalma eğilimi göstermiştir. Benzer şekilde çift taraflı ve izole yarıklı hasta modellerimizde de dental bölgelerde aynı şekilde anteriordan posterior bölgeye doğru azalma eğilimi gözlenmiştir [211].

Gautam ve ark. 2011 yılında tek taraflı DDY hastası modelinde farklı teknikler kullanarak cerrahi destekli hızlı üst çene genişlemesi uygulamışlardır; sadece midpalatal sutur osteotomisinin uygulandığı modelde simetrik genişleme gözlenirken Lefort I kesi ile birlikte midpalatal sutur ve pterigo-maksiller osteotomilerin birlikte uygulandığı modelde maksillada daha simetrik ve fazla miktarda genişleme izlenmiştir. Zigomatik buttress ve pterigo-maksiller osteotomisinin birlikte uygulandığı modelde ise maksillanın asimetrik ve en az miktarda lateral ekspansiyonu bildirilmiştir. Aynı çalışmada lateral nazal duvarların çift taraflı olarak genişlediğinden de bahsedilmiştir [166].

Pan ve ark. da genişlemenin verimliliğini artırmak için lateral maksiller buttress osteotomisinin uygulanması gerektiğini bildirmiştir [211]. DDY'li hastalarda RME'nin etkinliğini arttırmak için cerrahi destekli RME uygulaması ve osteotomi tipinin seçimi için objektif kriterler elde etmek amacıyla daha ileri teorik ve klinik araştırmalar sürdürülmelidir.

5.2.3. Vertikal Düzlemde Yer Değiştirme Dağılımının Tartışması

Memikoglu ve İşeri'nin 1999 yılındaki çalışma sonuçları üst çene genişletmesi sonrasında maksillanın son pozisyonunun öngörülemediği şeklindedir [220]. Pan ve ark. 2005 yılında yaptıkları çalışmada üst çene genişletmesi sonucu maksiller alveolar prosesin aşağı doğru yer değiştirme eğilimi olduğunu bildirmiştir [211]. Gautam ve ark. 2011 yılında DDY hastalarında maksiller genişleme sonucunda maksillanın saat yönünde, mandibulanın da aşağı ve geriye rotasyonundan bahsetmiştir [213]. Isaacson 1964 ve Tindlund ve ark. 1993 yılındaki çalışmalarında ise DDY hastalarında üst çene genişletmesi sonrası mandibulanın saat yönünde rotasyonu ile ilgili raporları mevcuttur. Bu artan dikey boyut, çoğu DDY hastasında istenen bir durumdur çünkü DDY hastalarında azalmış yüz yüksekliği sık görülen bir özelliktir [222, 224].

Çalışmamızda da çift taraflı yarığa sahip modelde anatomik yapıların inferior yönde yer değişimi gösterdiği, izole damak yarığına sahip modelde ve tek taraflı yarığa sahip modelde ise orta hatta yakın yapıların (sutura internazalis, sutura frontonazalis, sutura frontomaksillaris, sutura nazomaksilaris) inferior yönde yer değiştirme eğilimi gösterirken, lateral bölgedeki yapıların (sutura zigomatikofrontalis, sutura zigomatikotemporalis, sutura zigomatikomaksillaris) superior yönde yer değiştirme eğilimi gösterdiği saptanmıştır.

Wang ve ark.'nın tek taraflı DDY hastasında hızlı üst çene genişletmesinin biyomekanik analizini inceledikleri çalışmalarında çalışmamızla uyumlu olarak z ekseninde nazal kemik, maksiller kemiğin anterior kısmı, maksiller santral dentoalveolar bölge, sfenoid kemiğin medial pterigoid plağı ve lateral-superior pterigoid plak ve oksipital kemiğin skuamöz parçası dahil olmak üzere kraniyofasiyal kompleksin orta hat bölgesindeki düğüm noktalarında aşağı doğru yer değiştirme gözlenmiştir. Yukarı yönlü yer değiştiren yapılar ise yine bulgularımızla paralellik gösterecek şekilde zigomatik kemik, frontal kemik, temporal kemik, sfenoid kemiğin büyük kanadı, parietal kemik, inferior orbital kenar olmak üzere kraniyofasiyal kompleksin lateral yapıları olarak sıralanmıştır [195].

Gautam ve ark.'nın 2011 yılında tek taraflı DDY hastası modelinde farklı teknikler kullanarak yaptıkları cerrahi destekli hızlı üst çene genişlemesi çalışmasında zigomatik kompleks Lefort I ile birlikte midpalatal sutur osteotomileri uygulanan model ile sadece midpalatal sutur osteotomisi uygulanan modelde superior yönde hareket gözlenirken sadece zigomatik buttress osteotomisi uygulanan modelde zigomatik kompleksin inferior yönde hareketi gözlenmiştir [166].

Mathew ve ark. 2016 yılında tek taraflı DDY hasta modelinde, hyrax ve kemik destekli üst çene genişletme apareyi (BBPE) olmak üzere farklı tipte üst çene genişletme apareylerini kıyasladıkları çalışmalarında; BBPE modelinde hem yarık tarafında hem de yarık içermeyen tarafta superior yönde yer değişimi saptanmış ve bu değerler hyrax modelinden yüksek bulunmuştur. Hyrax uygulanan modelde ise superior yönde yer değişimi yarık içeren tarafta daha yüksek bulunmuştur [225].

Tek taraflı yarığa sahip DDY hasta modelimizde dentoalveolar ve dental bölgeler değerlendirildiğinde; yarık içermeyen tarafta inferior yönde hareket eğilimi gözlenirken, yarık içeren tarafta superior yönde hareket eğilimi gözlenmiştir.

Nicholson ve Plint 1989, Capelloza Filho ve ark 1994, Pan ve ark 2007 yaptıkları çalışma sonuçlarında bizim çalışmamızla uyumlu olarak üst çene genişletmesi sonrası tabanı kesici dişler bölgesinde ve nazal bölgeye doğru daralan üçgensel bir görünüm sergileyen açılmadan bahsetmişlerdir. Fulkrum merkezinin de frontonazal suturun yakınlarında yer aldığını belirtmişlerdir [211, 226, 227]. İşeri ve ark. 1998 ile Jafari ve ark 2003 yılındaki sonlu elemanlar çalışmaları ile nazomaksiller kompleksin fulkrum hattının frontonazal suturda olduğunu doğrulamıştır [173, 180].

5.2.4. Von Mises Gerilme Dağılımının Tartışması

Çalışmamızda uygulanan sonlu elemanlar analizinin lineer olması nedeniyle von Mises gerilmelerinin değerlendirilmesinde, aşırı gerilme değerlerinin oluşabileceği ve klinik olarak hastada gerçekleşen biyolojik iyileşme sürecinin varlığı düşünülerek, ilk vida aktivasyonu simüle edilmiştir. Üst çene genişletme apareyi hyrax ekspansiyon vidasının (Leone, Floransa, İtalya) bir aktivasyon miktarı olan 0,2 mm'lik açılması sonucunda oluşan von Mises gerilme değerlerinin anatomik yapılarda meydana getirdiği değişiklikler incelenmiştir.

Chaconas ve Caputo 1982 yılında, fotoelastik analiz yöntemini kullanarak yaptıkları çalışmada ortopedik kuvvetlerle meydana gelen ve üst çene genişletmesine karşı oluşan direncin sadece midpalatal suturedan kaynaklı olmadığını; sfenoid kemiğin pterigoid plakası ve maksilla ve arasındaki füzyonun veya eksikliğinin (pterigomaksiller suture) belirleyici faktör olduğunu söylemişlerdir [228].

DDY hastalarında midpalatal suture eksikliği ve maksiller kemiğin deformitesi sonucu, genişletme kuvveti ile direnç noktaları arasındaki etkileşim mekanizmasının değişip değişmediğini açıklığa kavuşturmak önemlidir. Pan ve ark. 2005 yılında yaptıkları çalışma ile Chaconas ve Caputo'nun (1982) teorisini doğrulamıştır [211, 228]. Yarık içeren ve içermeyen kafatası modellerinde Pan ve ark. belirgin farklar gözlemlemişlerdir. Maksillanın lateral buttresinde biriken stresin daha önce rapor edilen yarık içermeyen hastalara göre daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Yüksek gerilme gösteren maksiller buttress bu bölgede en fazla direnç gösteren bölge olarak saptanmıştır. Bu nedenle genişlemenin verimliliğini arttırmaya yardımcı olan, lateral maksiller buttress osteotomisinin yapılması faydalı olacaktır görüşünü sunmuşlardır [211].

Shetty ve ark.'nın 1994 yılındaki araştırmalarında, genişletme kuvvetine karşı primer dirençli anatomik alanların midpalatal suture ve pterigomaksiller suture olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda; damak yarığı varlığında palatal parçaların füzyonu gerçekleşmediğinden midpalatal sutureda stress dağılımı yorumlanamamıştır [229].

Çalışmamızda da tek taraflı yarığa sahip hasta modelinde yarık olan tarafta, olmayan tarafa göre nispeten daha yüksek gerilme değerleri gözlenirken; maksimum von Mises gerilmeleri yarıklı tarafta suture internazalis, suture frontomaksillaris ve suture

zigomatikomaksillaris düzeyinde bulunmuştur. Yarık içermeyen tarafta benzer şekilde sutura internazalis, sutura zigomatikomaksillaris ve sutura nazomaksillaris bölgelerinde bulunmuştur.

Pan ve ark. tek taraflı DDY hastasında yaptıkları üst çene genişletmesi sonucu, zigomatikomaksiller, frontomaksiller ve pterygomaksiller sutur bölgelerinde pterigomaksiller suturda olduğu kadar yüksek gerilme yüklemesi tespit etmişlerdir [211].

Jafari ve ark. 2003 yılında yarık içermeyen hasta modelinde üst çene genişletmesinin sonlu elemanlar analizi ile incelediği çalışmada nazal septum boyunca ve sfenoid kemiğin korpusuna doğru derin anatomik yapılara yayılan yüksek stres alanları olduğunu bildirmişlerdir [173].

Çalışmamızda izole damak yarığına sahip hasta modelinde maksimum von Mises gerilmeleri sutura internazalis, sutura nazomaksillaris ve zigomatik proses bölgelerinde gözlenmiştir. Sutura zigomatikomaksillaris, infraorbital marjin ve lateral nazal duvar bölgelerinde de belirgin stress artışları gözlenmiştir. Çift taraflı yarığına sahip hasta modelinde ise maksimum von Mises gerilmeleri sutura zigomatikomaksillaris ve sutura zigomatikotemporalis bölgelerinde bulunmuştur. Zigomatik proses, infraorbital marjin, lateral nazal duvar ve foramen infraorbitale bölgelerinde de von Mises gerilmeleri nispeten yüksek değerlerde saptanmıştır. İzlenen bu farklı dağılımın sebebi olarak; alveoler kemiğin bütünlüğünü koruduğu durumlarda biriken stresin daha çok internazal bölgeye aktarıldığı, alveoler kemiğinde yarık bulunan hastalarda ise yarık hattının stresi farklı alanlara aktardığı düşünülmektedir.

Gautam ve ark.'nın 2011 yılında tek taraflı DDY hasta modelinde farklı teknikler kullanarak yaptıkları cerrahi destekli hızlı üst çene genişlemesi çalışmasında; konservatif osteotomilerin (sadece midpalatal sutur osteotomisi) kraniyofasiyal bölgede daha yüksek gerilmelere yol açarken, daha kapsamlı cerrahi işlemler içeren (Lefort I ve midpalatal sutur osteotomisi birlikte) uygulamaların ise stresleri önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir. Ancak ameliyatlara ilişkili komplikasyonların oluşma riskine karşı dikkatli olunmalıdır [166].

Mathew ve ark. 2016 yılında tek taraflı DDY hasta modelinde farklı tipte üst çene genişletme apareylerini kıyasladıkları çalışmalarında maksimum stress alanlarını kemik destekli üst çene genişletme apareyi uygulandığında implant çevresinde; hyrax uygulamasında ise maksimum stress alanlarını dental bölgede bulmuştur. Sirkummaksiller suturlar içinde hem

yarıklı tarafta hem de yarık içermeyen tarafta zigomatikomaksiller sutur bölgesi başta olmak üzere zigomatikotemporal ve nazomaksiller sutur bölgelerinde gerilmeler en fazla gözlenmiştir [225].

Çalışmamızda dentoalveoler yapı değerlendirildiğinde, apareylerin kuvvet aktarım noktaları olan premolar ve molar diş bölgelerinde von Mises gerilmeleri daha yüksek gözlenmiştir.

Maksiller bölgedeki farklı genişleme kuvvetlerine karşılık zigomatik buttressin birincil derecede direnç gösterdiğini bildiren çeşitli çalışmalar mevcuttur [165, 213, 220, 230]. Çalışmamızda çift taraflı yarığa sahip hasta modeli ve tek taraflı yarığa sahip hasta modelinin yarık içeren tarafında en fazla stresin sutura zigomatikomaksillaris bölgesinde biriktiği gözlenmiştir.

Gautam ve ark.'nın yarıksız bir hasta üzerinde yaptıkları ve üst çene genişletmesi sonucu maksimum stres dağılımlarını, nazal bölge civarında buldukları çalışma sonuçları ile çalışmamızdaki izole damak yarığına sahip hasta modeli sonuçları uyusmaktadır. Benzer şekilde en fazla von Mises gerilmeleri nazal bölge civarında tespit edilmiştir [183].

Wang ve ark.'nın tek taraflı DDY hastasında hızlı üst çene genişletmesinin biyomekanik analizini inceledikleri çalışmalarında dentoalveoler molar bölgesi, sfenoid pterogoid plaklar, maksiller tüber bölge, nazomaksiller zigomatik buttress bölgelerinde daha yüksek stres birikimi saptanmıştır [195].

Lee ve ark. yaptıkları çalışmada, sonuçlarımıza paralel olarak yarık tarafında ve yarık içermeyen tarafta stres dağılımlarını asimetrik bulmuş ve yarık içeren tarafta daha fazla stres birikimi olduğunu bildirmişlerdir [184].

Gautam ve ark. ile Lee ve ark.'nın bulguları birbirleri ile uyumludur ve genişlemeye karşı direnç gösteren alanların, infraorbital bölge, yarık içermeyen taraftaki zigomatik buttress bölgesi ve bunu takiben de yarık taraftaki zigomatik buttress alanları olarak bildirmişlerdir [183, 184].

Üst çene genişletme işlemi sadece dental ve palatal bölgeleri etkilemekle kalmaz kraniyofasiyal kompleksteki yapıları da etkiler. Bu etkiler yarık tarafında daha fazla görülür. Genişletme işleminden sonra yarık taraftaki stres konsantrasyonu daha fazla olduğu için nüksetme riski de yüksektir. Bu nedenle çevre dokuların strese adapte olması ve ortopedik

nüksleri önleyebilmek için retansiyon periyodunun daha uzun süre olması sağlanmalı ve alveolar, bazal kemiklerin yeniden şekillenmesi için gerekli zaman tanınmalıdır.



6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Maksiller transversal yetersizlik nedeniyle üst çene genişletme endikasyonu olan çift taraflı, tek taraflı komple dudak damak yarığına sahip ve izole damak yarığı bulunan üç hastanın sonlu elemanlar modelinin oluşturulduğu ve elde edilen modelde üst çene genişletme işleminin simülasyonu sonucunda oluşan değişikliklerin, gerilme ve yer değiştirme dağılımlarının karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Elde edilen modellerde üst çene genişletme işleminin etkilerinin değerlendirilmesi açısından hastanın mevcut anatomik yapısı üzerinde çok büyük değişiklikler yapılmaksızın sonlu eleman modelleri yapılandırılmıştır.

Farklı yarık tiplerine sahip hastalar genişletme tedavisine farklı tepkiler vermiştir.

İzole damak yarığına sahip DDY hastasında üst çene genişletmesi sonucu meydana gelen ayrılma; yarıksız hastalarda olduğu gibi midpalatal suturda meydana gelirken, çift taraflı ve tek taraflı DDY hastalarında meydana gelen ayrılma premaksilla ve posterior dişleri içeren maksiller segment arasındaki kemik defekti bölgelerinde meydana gelmiştir.

Her üç modelde de frontal düzlemde maksiller genişleme, fasiyal yapılar üzerinde piramit şeklinde açılmaya sebep olmuştur

Transversal düzlemde en fazla ekspansiyon çift taraflı yarığa sahip modelde gözlenmiştir. Benzer miktarda genişleme tek taraflı yarığa sahip modelin yarık içeren tarafında izlenmiştir. Daha az genişleme izole yarığa sahip hasta modelinde ve daha da az miktarda ekspansiyon tek taraflı yarığa sahip hastanın yarık içermeyen tarafında kaydedilmiştir.

Antero-posterior düzlemde tek taraflı yarığa sahip modelde yarık içeren ve içermeyen taraftaki yapıların posterior yönde yer değişim eğilimi gösterdiği gözlenmiştir. İzole damak yarıklı modelde orta hatta yer alan sutura frontonazalis, ANS noktası, kesici bölgesi, kanin bölgesi gibi yapıların anterior yönde yer değişim eğilimi gösterirken, lateral bölgedeki yapıların posterior yönde yer değişim eğilimi gösterdiği gözlemlenmiştir. Çift taraflı komple dudak damak yarıklı modelde ise tüm yapıların anterior yönde yer değişim eğilimi gözlenmiştir.

Vertikal düzlemde çift taraflı yarığa sahip modeldeki anatomik yapıların inferior yönde yer değişimi eğilimde olduğu, izole damak yarıklı ve tek taraflı yarığa sahip modeldeki orta hatta yakın yapıların (sutura internazalis, sutura frontonazalis, sutura frontomaksillaris, sutura nazomaksillaris) inferior yönde, lateral bölgedeki yapıların (sutura zigomatikofrontalis, sutura zigomatikotemporalis, sutura zigomatikomaksillaris) superior yönde yer değişim eğilimi gösterdiği saptanmıştır.

İzole damak yarığına sahip hasta modelinde, genel olarak literatürde geçen yarık içermeyen hasta çalışmalarında olduğu gibi stres en fazla nazal bölge civarında gözlenmiştir. Tek taraflı yarıklı hasta modelinde asimetrik stres dağılımı gözlenmiş olup yarık tarafında daha çok olmak üzere sutura zigomatikomaksillaris bölgesinde, çift taraflı yarığa sahip hasta modelinde ise yarık miktarı arttığı için stres alanları daha uzağa taşınmış olup sutura zigomatikotemporalis ve sutura zigomatikomaksillaris bölgelerinde gözlenmiştir.

Lateral nazal duvarlarda her üç çalışma modelinde de görülen nazal genişlikte artış olduğu gözlenmiştir.

Kraniyofasiyal iskelet dokuları üst çene genişletmesi işlemi esnasında ekspansiyon kuvvetlerine karşı direnç gösterirken, DDY hastalarında bu dirence ek olarak dudak ve damakta yer alan skar dokularının aynı derecede rezistans gösterebileceği ve genişletmenin önemli derecede etkilenebileceği göz önünde bulundurulmalıdır DDY'li hastalarda skar dokusunun uzun vadeli stabiliteyi etkileyebileceği unutulmamalıdır.

Farklı yarık tiplerine sahip hastalar genişletme tedavisine farklı tepkiler verdiklerinden klinisyenler; hastanın yaşına, yarık tipine ve istenen genişleme alanına (anterior veya posterior) bağlı olarak DDY'li hastalar için üst çene genişletme tedavisinin özelleştirilmesine duyulan ihtiyacı göz önünde bulundurmalıdırlar.

Diğer sonlu elemanlar çalışmalarında olduğu gibi, bizim çalışmamızda da, kısıtlamalar mevcuttur. Bu limitasyonlar her sınıfa ait tek bir hastanın genel popülasyonu temsil etmemesinden kaynaklanan bireysel çeşitlilik, klinik tabloların farklı oluşu ve midpalatal suturun farklı viskoelastik özelliklerde oluşu, sonlu elemanlar modeli üretmek için kullanılan önermeler ve varsayımların yanı sıra, matematiksel modele bağlı olan sınırlamalardır. Bunun için çalışmanın planlanmasında yarık içermeyen tek bir hasta modeli

kullanılıp bu model üzerinde yarık alanlar sonradan oluşturulup aşama aşama genişletilerek izole damak yarığı, tek taraflı ve çift taraflı komple dudak damak yarıklı üç farklı yarığa sahip model oluşturup incelenebilirdi.

Çiğneme kasları, ligamanlar, yüz kasları ve fasyalar gibi yumuşak dokular analizlerin hesaplamasını kolaylaştırmak için, modellemede dikkate alınmamıştır. Fakat maksiller genişleme sırasında kraniyofasiyal iskeletin stres ortamını etkileyecek şekilde rol alabilirler. Bu sebeple kraniyofasiyal yumuşak dokuların biyomekanik davranışları daha ayrıntılı araştırılmalıdır.

Sonlu elemanlar analizi, DDY'li hastalarda, ekspansif kuvvetlerin uygulanma noktalarını incelemek ve genişleme paternini önceden tahmin etmek için uygun bir araçtır. Kritik öneme sahip ekspansiyon ihtiyacı olan hastalarda simülasyonlardan yararlanılarak stres birikim noktaları ve ekspansiyon paterni öngörülebilir.

7. ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Kütahya’da doğdum. ilk ve orta öğrenimime Kütahya Azot İlköğretim Okulu’nda başlayıp, Simav Dört Eylül İlköğretim Okulu’nda tamamladım. Kütahya Fen Lisesi’nde dört yıllık lise eğitimim ardından 2006 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’ne girmeye hak kazandım, 2007 yılında İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’ne yatay geçiş yaptım. 2011 yılında aynı fakülteden mezun oldum. 2013 yılında Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı’nda doktora eğitimime başladım, halen aynı anabilim dalında doktora öğrencisi olarak görev yapmaktayım.



8. KAYNAKLAR

1. Allam, E. and C. Stone, Cleft lip and palate: Etiology, epidemiology, preventive and intervention strategies. *Anatomy & Physiology: Current Research*, 2014. 2014.
2. Bishara, S.E., et al., Dentofacial findings in two individuals with unoperated bilateral cleft lip. *American journal of orthodontics*, 1985. 88(1): p. 22-30.
3. Dahl, E., Transverse maxillary growth in combined cleft lip and palate. *Cleft palate J*, 1979. 16: p. 34-41.
4. Moss, J., Rapid expansion of the maxillary arch. II. Indications for rapid expansion. *JPO: the journal of practical orthodontics*, 1968. 2(5): p. 215-23 concl.
5. Shetty, P., A. Hegde, and K. Rai, Finite element method—an effective research tool for dentistry. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 2010. 34(3): p. 281-285.
6. Baiamonte, T., et al., The experimental verification of the efficacy of finite element modeling to dental implant systems. *The Journal of oral implantology*, 1995. 22(2): p. 104-110.
7. Geng, J.-P., K.B. Tan, and G.-R. Liu, Application of finite element analysis in implant dentistry: A review of the literature. *The Journal of prosthetic dentistry*, 2001. 85(6): p. 585-598.
8. Ramoğlu, S. and O. Ozan, Diş hekimliğinde sonlu elemanlar stres analiz yöntemi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2014. 9(9).
9. Wakabayashi, N., et al., Nonlinear finite element analyses: Advances and challenges in dental applications. *Journal of dentistry*, 2008. 36(7): p. 463-471.
10. Dixon, M.J., et al., Cleft lip and palate: Understanding genetic and environmental influences. *Nature Reviews Genetics*, 2011. 12(3): p. 167-178.
11. Murray, J., Gene/environment causes of cleft lip and/or palate. *Clinical genetics*, 2002. 61(4): p. 248-256.
12. Stanier, P. and G.E. Moore, Genetics of cleft lip and palate: Syndromic genes contribute to the incidence of non-syndromic clefts. *Human molecular genetics*, 2004. 13(suppl 1): p. R73-R81.
13. Eiberg, H., et al., Suggestion of linkage of a major locus for nonsyndromic orofacial cleft with f13a and tentative assignment to chromosome 6. *Clinical genetics*, 1987. 32(2): p. 129-132.

14. Wyszynski, D.F., T.H. Beaty, and N.E. Maestri, Genetics of nonsyndromic oral clefts revisited. *The Cleft palate-craniofacial journal*, 1996. 33(5): p. 406-417.
15. Murthy, J. and L. Bhaskar, Current concepts in genetics of nonsyndromic clefts. *Indian Journal of Plastic Surgery*, 2009. 42(1): p. 68.
16. Sözen, M.A., M.M. Tolarova, and R.A. Spritz, Bir clptm1 geni polimorfizmi ile guatemala% u2019daki non-sendromik yarık dudak ve/veya damak arasında ilişkilendirme çalışması. *Tıp Araştırmaları Dergisi*, 2009. 7(1).
17. Bayrak, G.E. and E. Esenlik, Dudak damak yariğı etyolojİsİnde genlerİn ve gen-çevre etkİleşİmİnİn rolü. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2015. 10(10).
18. Çildir, Ş.K., S. Çalışkan, and N. Sandalli, Dudak-damak yarıklarında etiyoloji, embriyoloji, klinik bulgular ve tedavi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2010. 11(3).
19. Malcolm, C. and P. Johnston, Embryogenesis of cleft lip and palate. *Plastic Surgery*, 1990. 4: p. 2532.
20. Wong, F. and U. Hagg, An update on the aetiology of orofacial clefts. *Hong Kong Medical Journal*, 2004. 10(5): p. 331-336.
21. Wyszynski, D.F. and T.H. Beaty, Review of the role of potential teratogens in the origin of human nonsyndromic oral clefts. *Teratology*, 1996. 53(5): p. 309-317.
22. Murray, J.C., Face facts: Genes, environment, and clefts. *American journal of human genetics*, 1995. 57(2): p. 227.
23. Cornel, M.C., et al., Some epidemiological data on oral clefts in the northern netherlands, 1981–1988. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 1992. 20(4): p. 147-152.
24. Dogan, S., Dudak-damak yarıklı bebeklerde erken dudak operasyonunun maksiller alveoler yarık boyutu üzerine olan etkisi. *Turkish Journal of Orthodontics*, 1990. 3(2): p. 7-13.
25. Enlow, D.H. and R.E. Moyers, *Handbook of facial growth*. 1982: WB Saunders Company.
26. Derijcke, A., A. Eerens, and C. Carels, The incidence of oral clefts: A review. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 1996. 34(6): p. 488-494.
27. Das, S.K., et al., Epidemiology of cleft lip and cleft palate in mississippi. *Southern medical journal*, 1995. 88(4): p. 437-442.

28. Brogan, W. and T. Woodings, A decline in the incidence of cleft lip and palate in western australia, 1963 to 1972. *The Medical journal of Australia*, 1974. 2(1): p. 8.
29. Koželj, V., Epidemiology of orofacial clefts in slovenia, 1973–1993: Comparison of the incidence in six european countries. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 1996. 24(6): p. 378-382.
30. Robert, E., B. Källén, and J. Harris, The epidemiology of orofacial clefts. 1. Some general epidemiological characteristics. *Journal of craniofacial genetics and developmental biology*, 1995. 16(4): p. 234-241.
31. Chapman, C., Ethnic differences in the incidence of cleft lip and/or cleft palate in auckland, 1960-1976. *The New Zealand medical journal*, 1983. 96(731): p. 327-329.
32. Moosey, P. and J. Little, Epidemiology of oral clefts: An international perspective in: Wyszynski df, editor cleft lip and palate: From origin to treatment. 2002, Oxford: Oxford University Press.
33. Wyszynski, D.F. and T. Wu, Use of us birth certificate data to estimate the risk of maternal cigarette smoking for oral clefting. *The Cleft palate-craniofacial journal*, 2002. 39(2): p. 188-192.
34. Goodacre, T. and M.C. Swan, Cleft lip and palate: Current management. *Paediatrics and Child Health*, 2008. 22(4): p. 283-292.
35. Tunçbilek, E., M. Alikaşifoğlu, and B. Akdallı, Türkiye’de konjenital malformasyon sıklığı, dağılımı, risk faktörleri ve yenidoğanların antropometrik değerlendirilmesi. *Ankara TÜBİTAK Matbaası*, 1996. 94.
36. Kaufman, F.L., Managing the cleft lip and palate patient. *Pediatric Clinics of North America*, 1991. 38(5): p. 1127-1147.
37. Mossey, P.A., et al., Cleft lip and palate. *The Lancet*, 2009. 374(9703): p. 1773-1785.
38. Wantia, N. and G. Rettinger, The current understanding of cleft lip malformations. *Facial plastic surgery: FPS*, 2002. 18(3): p. 147-153.
39. T, S., *Langman's medical embryology*. 2003(9th ed): p. 363-402.
40. Aksu, E., Dudak ve damak yarıkları, in *Dudak damak yarıklarının embriyolojik gelişimi*, Y. Erk and F. Özgür, Editors. 1999, İşkur matbaacılık Lti Şti.: Ankara. p. 23-31.
41. Ellis, E., Management of patients with orofacial clefts, in *Oral and maxillofacial surgery*, L. Peterson, et al., Editors. 1998, Mosby: St Louis. p. 656-679.

42. Öz, Z. and F. Özgür, Epidemiyoloji, in Dudak damak yarıkları, F. Özgür, Editor. 2015, Atlas Kitapçılık: Ankara. p. 9-10.
43. Davis, J.S. and H.P. Ritchie, Classification of congenital clefts of the lip and palate: With a suggestion for recording these cases. Journal of the American Medical Association, 1922. 79(16): p. 1323-1327.
44. Bardach, J. and H.L. Morris, Multidisciplinary management of cleft lip and palate. 1990: WB Saunders Company.
45. Shah, N., M. Khalid, and S. Khan, A review of classification systems for cleft lip and palate patients- i. Morphological classifications. JKCD, 2011. 1.
46. Kernahan, D.A. and R.B. Stark, A new classification for cleft lip and cleft palate. Plastic and Reconstructive Surgery, 1958. 22(5): p. 435-441.
47. Pfeifer, G., Labial correction after uni and bilateral lip repair using scar flaps. Treatment of patients with clefts of lip, alveolus and palate. New York: Grune and Stratton, 1966: p. 154.
48. Schwartz, S., et al., Accurate and systematic numerical recording system for the identification of various types of lip and maxillary clefts (rpl system). The Cleft palate-craniofacial journal, 1993. 30(3): p. 330-332.
49. Elsayh, N.I., The modified striped y—a systematic classification for cleft lip and palate. Cleft Palate J, 1973. 10: p. 247-250.
50. Smith, W.A., A.K. Khoo, and I.T. Jackson, A modification of the kernahan" y" classification in cleft lip and palate deformities. Plastic and reconstructive surgery, 1998. 102(6): p. 1842-1847.
51. Kernahan, D.A., The striped ya symbolic classification for cleft lip and palate. Plastic and reconstructive surgery, 1971. 47(5): p. 469-470.
52. Millard Jr, D.R., Cleft craft: The evolution of its surgery—volume ii: Bilateral and rare deformities. 1977.
53. Friedman, H.I., et al., Symbolic representation of cleft lip and palate. The Cleft Palate-Craniofacial Journal, 1991. 28(3): p. 252-260.
54. Härtel, J., O. Kriens, and G. Kundt, Incidence of cleft lip, alveolus and palate forms. Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, 1991. 19(4): p. 144-146.
55. Rossell-Perry, P., New diagram for cleft lip and palate description: The clock diagram. The Cleft Palate-Craniofacial Journal, 2009. 46(3): p. 305-313.

56. Ross, R.B., Treatment variables affecting facial growth in complete unilateral cleft lip and palate. *The Cleft palate journal*, 1987. 24(1): p. 5-77.
57. Bishara, S.E., et al., Cephalometric comparisons of individuals from india and mexico with unoperated cleft lip and palate. *Cleft Palate J*, 1986. 23(11).
58. Mestre, J.C., J. Dejesus, and J.D. Subtelny, Unoperated oral clefts at maturation. *The Angle Orthodontist*, 1960. 30(2): p. 78-85.
59. Ortiz-Monasterio, F., et al., A study of untreated adult cleft palate patients. *Plastic and reconstructive surgery*, 1966. 38(1): p. 36-41.
60. Mars, M., Facial growth and morphology in the unoperated cleft lip and palate subject: The sri lanka study, in *Cleft lip and palate*. 2006, Springer. p. 237-255.
61. Kapucu, M.R., Dudak damak yarığı onarımlarının maksillofasiyel gelişmeye etkileri. *Türk Plastik, Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Dergisi (Turk Plast Surg)*, 2000. 8(1).
62. Al-Khayyet-Bajrami, S., E. Isiksal, and S. Dogan, Unilateral komple dudak damak yarıklarında erken tedavi yaklaşımlarının üst çene gelişimi üzerine etkisinin incelenmesi. *Turkish Journal of Orthodontics*, 2004. 17(1): p. 27-46.
63. Davies, D., The one-stage repair of unilateral cleft lip and palate: A preliminary report. *Plastic and reconstructive surgery*, 1966. 38(2): p. 129-136.
64. Pruzansky, S., Description, classification, and analysis of unoperated clefts of the lip and palate. *American Journal of Orthodontics*, 1953. 39(8): p. 590-611.
65. Wada, T. and T. Miyazaki, Treatment principles for the changing arch form in children with complete unilateral cleft lips and palates. *Cleft palate J*, 1976. 13: p. 273-283.
66. Harris, E.F., Size and form of the cranial base in isolated cleft lip and palate. *The Cleft palate-craniofacial journal*, 1993. 30(2): p. 170-174.
67. Moss, M.L., Malformations of the skull base associated with cleft palate deformity. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 1956. 17(3): p. 226-234.
68. Sandham, A. and L. Cheng, Cranial base and cleft lip and palate. *The Angle Orthodontist*, 1988. 58(2): p. 163-168.
69. Mars, M. and W.J. Houston, A preliminary study of facial growth and morphology in unoperated male unilateral cleft lip and palate subjects over 13 years of age. *The Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 1990. 27(1): p. 7-10.

70. Horswell, B.B. and B.V. Gallup, Cranial base morphology in cleft lip and palate: A cephalometric study from 7 to 18 years of age. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 1992. 50(7): p. 681-685.
71. Mølsted, K., I. Kjaer, and E. Dahl, Spheno-occipital synchondrosis in three-month-old children with clefts of the lip and palate: A radiographic study. *The Cleft palate-craniofacial journal*, 1993. 30(6): p. 569-573.
72. Doğan, S., G. Önçağ, and Y. Akın, Craniofacial development in children with unilateral cleft lip and palate. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 2006. 44(1): p. 28-33.
73. Singh, G., J. Rivera-Robles, and J. De Jesus-Vinas, Longitudinal craniofacial growth patterns in patients with orofacial clefts: Geometric morphometrics. *The Cleft palate-craniofacial journal*, 2004. 41(2): p. 136-143.
74. Meazzini, M.C., et al., Maxillary growth impairment in cleft lip and palate patients: A simplified approach in the search for a cause. *Journal of Craniofacial Surgery*, 2008. 19(5): p. 1302-1307.
75. Bishara, S.E., Cephalometric evaluation of facial growth in operated and non-operated individuals with isolated clefts of the palate. *Cleft Palate J*, 1973. 10(3): p. 239.
76. Chen, Z.-Q., et al., Sagittal maxillary growth in patients with unoperated isolated cleft palate. *The Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 2009. 46(6): p. 664-667.
77. Diah, E., et al., Maxillary growth of adult patients with unoperated cleft: Answers to the debates. *Journal of plastic, reconstructive & aesthetic surgery*, 2007. 60(4): p. 407-413.
78. Johnson, N., et al., Initial cleft size does not correlate with outcome in unilateral cleft lip and palate. *The European Journal of Orthodontics*, 2000. 22(1): p. 93-100.
79. Suzuki, A., et al., Relationship between cleft severity and dentocraniofacial morphology in Japanese subjects with isolated cleft palate and complete unilateral cleft lip and palate. *The Cleft palate-craniofacial journal*, 1993. 30(2): p. 175-181.
80. Friede, H., L. Enocson, and J. Lilja, Features of maxillary arch and nasal cavity in infancy and their influence on deciduous occlusion in unilateral cleft lip and palate. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery*, 1988. 22(1): p. 69-75.
81. Peltomäki, T., et al., Associations between severity of clefting and maxillary growth in patients with unilateral cleft lip and palate treated with infant orthopedics. *The Cleft palate-craniofacial journal*, 2001. 38(6): p. 582-586.

82. Von Den Hoff, J.W., J.C. Maltha, and A.M. Kuijpers-Jagtman, Palatal wound healing: The effects of scarring on growth, in *Cleft lip and palate*. 2006, Springer. p. 301-313.
83. Grobbelaar, A., et al., Speech results after repair of the cleft soft palate. *Plastic and reconstructive surgery*, 1995. 95(7): p. 1150-1154.
84. Ysunza, A., et al., Speech outcome and maxillary growth in patients with unilateral complete cleft lip/palate operated on at 6 versus 12 months of age. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 1998. 102(3): p. 675-679.
85. Rohrich, R.J., et al., Timing of hard palatal closure: A critical long-term analysis. *Plastic and reconstructive surgery*, 1996. 98(2): p. 236-246.
86. Hotz, M.M. and W.M. Gnoinski, Effects of early maxillary orthopaedics in coordination with delayed surgery for cleft lip and palate. *Journal of maxillofacial surgery*, 1979. 7: p. 201-210.
87. Friede, H. and H. Enemark, Long-term evidence for favorable midfacial growth after delayed hard palate repair in uclp patients. *The Cleft palate-craniofacial journal*, 2001. 38(4): p. 323-329.
88. Liao, Y.-F., T.J. Cole, and M. Mars, Hard palate repair timing and facial growth in unilateral cleft lip and palate: A longitudinal study. *The Cleft palate-craniofacial journal*, 2006. 43(5): p. 547-556.
89. Ysunza, A., et al., Maxillary growth in patients with complete cleft lip and palate, operated on around 4–6 months of age. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 2010. 74(5): p. 482-485.
90. Savaci, N., et al., Maxillofacial morphology in children with complete unilateral cleft lip and palate treated by one-stage simultaneous repair. *Plastic and reconstructive surgery*, 2005. 115(6): p. 1509-1517.
91. Aksu, A.E. and F. Özgür, Erken ve geç damak yarığı onarımlarının maksilla gelişimi üzerindeki etkilerinin sefalometrik analiz yöntemi ile karşılaştırılması. *Türk Plastik, Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Dergisi (Turk Plast Surg)*, 2006. 15(3).
92. Shapira, Y., et al., The distribution of clefts of the primary and secondary palates by sex, type, and location. *The Angle orthodontist*, 1999. 69(6): p. 523-528.
93. Bjerklin, K., J. Kurol, and G. Paulin, Ectopic eruption of the maxillary first permanent molars in children with cleft lip and/or palate. *The European Journal of Orthodontics*, 1993. 15(6): p. 535-540.

94. Carretero, Q.M., et al., Dental anomalies in patients with familial and sporadic cleft lip and palate. *Journal de biologie buccale*, 1988. 16(3): p. 185-190.
95. Vichi, M. and L. Franchi, Abnormalities of the maxillary incisors in children with cleft lip and palate. *ASDC journal of dentistry for children*, 1994. 62(6): p. 412-417.
96. Cengiz, S.B., et al., Dudak damak yarıklı çocuklarda oral sağlık oral health in cleft lip and alveolus. *Turkish Journal of Orthodontics*, 2004. 17(3): p. 354-360.
97. Fishman, L., Factors related to tooth number, eruption time, and tooth position in cleft palate individuals. *ASDC journal of dentistry for children*, 1970. 37(4): p. 303.
98. Zilberman, Y., Observations on the dentition and face in clefts of the alveolar process. *Cleft Palate J*, 1973. 10: p. 230-238.
99. Böhn, A., Dental anomalies in harelip and cleft palate. *Acta Odontologica Scandinavica*, 1963. 21: p. SUPPL38: 1.
100. Hellquist, R., et al., Dental abnormalities in patients with alveolar clefts, operated upon with or without primary periosteoplasty. *The European Journal of Orthodontics*, 1979. 1(3): p. 169-180.
101. Jiroutova, O., Hypodontia in patients with isolated cleft palate, its relationship to etiopathogenesis. *Acta chirurgiae plasticae*, 1990. 33(1): p. 57-63.
102. Jiroutova, O. and Z. Müllerová, The occurrence of hypodontia in patients with cleft lip and/or palate. *Acta chirurgiae plasticae*, 1993. 36(2): p. 53-56.
103. Ranta, R., The development of the permanent teeth in children with complete cleft lip and palate. *Proc Finn Dent Soc*, 1972. 68(suppl 3): p. 1-27.
104. Dinçer, B., S. Dogan, and A.M. Ertan-Erdinç, Dudak-damak yarıklı hastalarda dental ve okluzal anomaliler. *Turkish Journal of Orthodontics*, 2006. 19(1): p. 35-47.
105. Boley, S., D. Grossman, and R. Long Jr, A new method for assessing outcomes of bone grafting in cleft patients and intra-center audit of alveolar bone grafting outcomes from different surgeons. Philadelphia, pa: Albert einstein medical center; 2010. Dissertation.
106. Droschl, A.D.H., Zahnzahl und Zahnformen bei Lippen-Kiefer-Gaumenspalten. *Fortschritte der Kieferorthopädie*, 1972. 33(4): p. 417-446.
107. Haring, F., Dental development in cleft and noncleft subjects. *The Angle orthodontist*, 1976. 46(1): p. 47-50.

108. Maciel, S.P., B. Costa, and M.R. Gomide, Difference in the prevalence of enamel alterations affecting central incisors of children with complete unilateral cleft lip and palate. *The Cleft palate-craniofacial journal*, 2005. 42(4): p. 392-395.
109. Dahllof, G., et al., Caries, gingivitis, and dental abnormalities in preschool children with cleft lip and/or palate. *Cleft Palate J*, 1989. 26(3): p. 233-7.
110. Auslander, M., et al., Parameters for evaluation and treatment of patients with cleft lip/palate or other craniofacial anomalies. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 1993. 30(SUPPL.).
111. Osuji, O., Preparation of feeding obturators for infants with cleft lip and palate. *The Journal of clinical pediatric dentistry*, 1994. 19(3): p. 211-214.
112. Millard, D., Optimum time for cleft lip surgery. *Cleft craft, the evolution of its surgery: The unilateral deformity*. 1st ed. Boston: Little Brown, 1976: p. 69-74.
113. Prahl-Andersen, D., Ph. D, B, Dental treatment of pre dental and infant patients with clefts and craniofacial anomalies. *The Cleft palate-craniofacial journal*, 2000. 37(6): p. 528-532.
114. Grayson, B.H. and P.R. Shetye, Presurgical nasoalveolar moulding treatment in cleft lip and palate patients. *Indian Journal of Plastic Surgery*, 2009. 42(3): p. 56.
115. Mcneil, C.K., Orthodontic procedures in the treatment of congenital cleft palate. *The Dental record*, 1950. 70(5): p. 126-132.
116. Latham, R., Orthopedic advancement of the cleft maxillary segment: A preliminary report. *Cleft Palate J*, 1980. 17(3): p. 227-233.
117. Gnoinski, W.M., Early maxillary orthopaedics as a supplement to conventional primary surgery in complete cleft lip and palate cases—long-term results. *Journal of maxillofacial surgery*, 1982. 10: p. 165-172.
118. Grayson, B.H. and R. Wood, Preoperative columella lengthening in bilateral cleft lip and palate. *Plastic and reconstructive surgery*, 1993. 92(7): p. 1422-1423.
119. Matsuo, K., et al., Nonsurgical correction of congenital auricular deformities in the early neonate: A preliminary report. *Plastic and reconstructive surgery*, 1984. 73(1): p. 38-50.
120. Tuba Altug, A., B. Grayson, and C. Cutting, Tek tarafli dudak, alveol ve damak yarıklarında cerrahi öncesi nazoalveoler sekillendirme-bölüm 1. *Turkish Journal of Orthodontics*, 2004. 17(3): p. 331-338.

121. Tuba Altug, A., B. Grayson, and C. Cutting, Çift taraflı dudak, alveol ve damak yarıklarında cerrahi öncesi nazoalveoler şekillendirme ve kolumella uzatma tekniği-bölüm 2. Turkish Journal of Orthodontics, 2004. 17(3): p. 339-346.
122. Waite, P.D. and D.E. Waite. Bone grafting for the alveolar cleft defect. in Seminars in orthodontics. 1996. Elsevier.
123. Berkowitz, S., Lip pits: Orthodontic treatment, dentition, and occlusion-associated skeletal structures, in Cleft lip and palate. 2013, Springer. p. 227-241.
124. Liu, R., et al., Craniofacial morphology characteristics of operated unilateral complete cleft lip and palate patients in mixed dentition. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2011. 112(6): p. e16-e25.
125. Ishiguro, K., et al., A longitudinal study of morphological craniofacial patterns via pa x-ray headfilms in cleft patients from birth to six years of age. The Cleft palate journal, 1976. 13: p. 104-126.
126. Haas, A.J., Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture. The Angle Orthodontist, 1961. 31(2): p. 73-90.
127. Kudlick, E.M., A study utilizing dry human skulls as models to determine how bones of the craniofacial complex are displaced under the influence of midpalatal expansion. American Journal of Orthodontics, 1974. 66(1): p. 103.
128. Aizenbud, D., et al., A possible otological complication due to maxillary expansion in a cleft lip and palate patient. The Cleft palate-craniofacial journal, 2000. 37(4): p. 416-420.
129. Haas, A.J., Palatal expansion: Just the beginning of dentofacial orthopedics. American journal of orthodontics, 1970. 57(3): p. 219-255.
130. Biederman, W., Rapid correction of class iii malocclusion by midpalatal expansion. American journal of orthodontics, 1973. 63(1): p. 47-55.
131. Ricketts, R.M., Bioprogressive therapy. 1979: Rocky Mountain/Orthodontics.
132. Isaacson, R.J. and A.H. Ingram, Forces produced by rapid maxillary expansion: Ii. Forces present during treatment. The Angle Orthodontist, 1964. 34(4): p. 261-270.
133. Spolyar, J.L., The design, fabrication, and use of a full-coverage bonded rapid maxillary expansion appliance. American journal of orthodontics, 1984. 86(2): p. 136-145.
134. Hilgers, J.J., Jco-online copyright 2011 adjuncts to bioprogressive therapy: A palatal expansion appliance for non-compliance therapy. Therapy, 1991. 25(08): p. 491-497.

135. Arndt, W., Nickel titanium palatal expander. *Journal of clinical orthodontics: JCO*, 1993. 27(3): p. 129-137.
136. Toroglu, M.S., et al., Asymmetric maxillary expansion (amex) appliance for treatment of true unilateral posterior crossbite. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 2002. 122(2): p. 164-173.
137. Bishara, S.E. and R.N. Staley, Maxillary expansion: Clinical implications. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 1987. 91(1): p. 3-14.
138. Graber, T., Current orthodontics concepts and techniques, in *Dentofacial orthopedics*, T. Graber, Editor. 1969, WB Saaunders Co: Philadelphia. p. 918-988.
139. Kocadereli, İ., Bölüm 18-dudak damak yarıklarında geç dönem ortodontik tedaviler, in *Dudak damak yarıkları*, F.F. Özgür, Editor. 2015, Atlas Kitapçılık: Ankara. p. 125-134.
140. Anil, S. and P. Shahv, Arch expansion in cleft lip & palate patients. *Indian Journal Of Fundamental And Applied Life Sciences*, 2013. 3(2): p. 25-8.
141. Abdoney, M.O., Use of the arndt nickel titanium palatal expander in cleft palate cases. *Journal of clinical orthodontics: JCO*, 1995. 29(8): p. 496.
142. Olmez, S., et al., Biomechanical evaluation of sagittal maxillary internal distraction osteogenesis in unilateral cleft lip and palate patient and noncleft patients: A three-dimensional finite element analysis. *The Angle Orthodontist*, 2014. 84(5): p. 815-824.
143. Moaveni, S., *Finite element analysis: Theory and application with ansys*. 2003: Pearson Education India.
144. Ledley, R.S. and H.K. Huang, Linear model of tooth displacement by applied forces. *Journal of dental research*, 1968. 47(3): p. 427-432.
145. Davidian, E.J., Use of a computer model to study the force distribution on the root of the maxillary central incisor. *American journal of orthodontics*, 1971. 59(6): p. 581-588.
146. Nanda, R., *Biomechanics and esthetic strategies in clinical orthodontics*. 2005: Elsevier Health Sciences.
147. Tosun, Y., *Sabit ortodontik apareylerin biyomekanik prensipleri*. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi, 1999: p. 6-7.
148. Mow, V.C. and R. Huiskes, *Basic orthopaedic biomechanics & mechano-biology*. 2005: Lippincott Williams & Wilkins.

149. Franklin, F., Mechanical engineers' handbook. Stress analysis. 1998: Wiley Interscience.
150. Craig, R. and J. Power, Restorative dental materials, 11th edn. St louis, mo: Mosby-year book. 2002, Inc.
151. McCabe, J., Diş hekimliği maddeler bilgisi. 1999, İstanbul: İ.Ü Basımevi ve Film Merkezi.
152. Phillips, R., Skinner's. Science of Dental Materials. 9th ed. Philadelphia: WB Saunders, 1991.
153. Biyomekanik, T.Y.S.O.A., Prensipleri. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 1999.
154. Sung, S.J., et al., A comparative evaluation of different compensating curves in the lingual and labial techniques using 3d fem. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics, 2003. 123(4): p. 441-450.
155. İnan, M., Cisimlerin mukavemeti. 1988, İstanbul: İTÜ Vakfı.
156. Marc, M. and A. Volume, Theory and user information, msc. Marc 2005 edition, vol. A, 2005.
157. Reddy, J.N., An introduction to nonlinear finite element analysis: With applications to heat transfer, fluid mechanics, and solid mechanics. 2014: OUP Oxford.
158. Hughes, T.J.R. and E. Cliffs, The finite element method. Linear static and dynamic finite element analysis. 1987, New Jersey: Prentice-Hall.
159. Richmond, B.G., et al., Finite element analysis in functional morphology. The Anatomical Record Part A: Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology, 2005. 283(2): p. 259-274.
160. Chung, D.H. and P.C. Dechow, Elastic anisotropy and off-axis ultrasonic velocity distribution in human cortical bone. Journal of anatomy, 2011. 218(1): p. 26-39.
161. Cowin, S. and M. Mehrabadi, Identification of the elastic symmetry of bone and other materials. Journal of biomechanics, 1989. 22(6): p. 503-515.
162. Gere, J. and S. Timoshenko, Mechanics of materials. 3. ed. 1984, Boston: PwsKent Publishing Company.
163. Hancı, M.B., E. Arpacı a., Biyomekanik. 2000, İstanbul: Logos Yayıncılık.
164. Koriath, T. and A. Versluis, Modeling the mechanical behavior of the jaws and their related structures by finite element (fe) analysis. Critical Reviews in Oral Biology & Medicine, 1997. 8(1): p. 90-104.

165. Gautam, P., A. Valiathan, and R. Adhikari, Maxillary protraction with and without maxillary expansion: A finite element analysis of sutural stresses. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 2009. 136(3): p. 361-366.
166. Gautam, P., L. Zhao, and P. Patel, Determining the osteotomy pattern in surgically assisted rapid maxillary expansion in a unilateral palatal cleft: A finite element model approach. *The Angle Orthodontist*, 2011. 81(3): p. 410-419.
167. Ebrahimi, F., Finite element analysis-new trends and developments. 2012: InTech.
168. Logan, D., First course in the finite element method. 5. ed. 2007: Nelson Education Ltd.
169. Siegele, D. and U. Soltesz, Numerical investigations of the influence of implant shape on stress distribution in the jaw bone. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 1989. 4(4).
170. Adıgüzel, Ö., Sonlu elemanlar analizi; diş hekimliğinde kullanım alanları, temel kavramlar ve eleman tanımları. *Dicle Dişhekimliği Dergisi*, 2010(11): p. 18-23.
171. Logan, D.L., Instructor's solutions manual to accompany a first course in the finite element method. 2007: Thomson Engineering.
172. Holmgren, E.P., et al., Evaluating parameters of osseointegrated dental implants using finite element analysis—a two-dimensional comparative study examining the effects of implant diameter, implant shape, and load direction. *Journal of Oral Implantology*, 1998. 24(2): p. 80-88.
173. Jafari, A., K.S. Shetty, and M. Kumar, Study of stress distribution and displacement of various craniofacial structures following application of transverse orthopedic forces-a three-dimensional fem study. *The Angle Orthodontist*, 2003. 73(1): p. 12-20.
174. Seong, W.-J., et al., Elastic properties and apparent density of human edentulous maxilla and mandible. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 2009. 38(10): p. 1088-1093.
175. Chen, R., et al. Finite element modeling of distraction osteogenesis for a maxilla with severe cleft palate. in 2010 3rd International Conference on Biomedical Engineering and Informatics. 2010. IEEE.
176. Jinushi, H., et al., A dynamic study of the effect on the maxillofacial complex of the face bow: Analysis by a three-dimensional finite element method. *The Bulletin of Tokyo Dental College*, 1997. 38(1): p. 33-41.

177. Lee, N.-K. and S.-H. Baek, Stress and displacement between maxillary protraction with miniplates placed at the infrazygomatic crest and the lateral nasal wall: A 3-dimensional finite element analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 2012. 141(3): p. 345-351.
178. Tanne, K., et al., Biomechanical effect of anteriorly directed extraoral forces on the craniofacial complex: A study using the finite element method. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 1989. 95(3): p. 200-207.
179. Yang, I.-H., et al., Effects of cleft type, facemask anchorage method, and alveolar bone graft on maxillary protraction: A three-dimensional finite element analysis. *The Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 2012. 49(2): p. 221-229.
180. Işeri, H., et al., Biomechanical effects of rapid maxillary expansion on the craniofacial skeleton, studied by the finite element method. *The European Journal of Orthodontics*, 1998. 20(4): p. 347-356.
181. Tanne, K., et al., Three-dimensional model of the human craniofacial skeleton: Method and preliminary results using finite element analysis. *Journal of biomedical engineering*, 1988. 10(3): p. 246-252.
182. Holberg, C. and I. Rudzki-Janson, Stresses at the cranial base induced by rapid maxillary expansion. *The Angle Orthodontist*, 2006. 76(4): p. 543-550.
183. Gautam, P., A. Valiathan, and R. Adhikari, Stress and displacement patterns in the craniofacial skeleton with rapid maxillary expansion: A finite element method study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 2007. 132(1): p. 5. e1-5. e11.
184. Lee, H., et al., Biomechanical effects of maxillary expansion on a patient with cleft palate: A finite element analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 2016. 150(2): p. 313-323.
185. Medetalibeyoğlu, F., et al., Mini vida yerleştirilmiş manbidulada kortikal kemik kalınlığına bağlı olarak gerilmelerin İncelenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2012. 16(3).
186. Boryor, A., et al., Stress distribution and displacement analysis during an intermaxillary disjunction—a three-dimensional fem study of a human skull. *Journal of biomechanics*, 2008. 41(2): p. 376-382.

187. Holberg, C., et al., Biomechanical analysis of maxillary expansion in clp patients. *The Angle orthodontist*, 2007. 77(2): p. 280-287.
188. Hobo, S., E. Ichida, and L.T. Garcia, *Osseointegration and occlusal rehabilitation*. 1989: Quintessence Pub Co.
189. Tanne, K., et al., An evaluation of the biomechanical response of the tooth and periodontium to orthodontic forces in adolescent and adult subjects. *Journal of Orthodontics*, 1998. 25(2): p. 109-115.
190. Gupta, A., et al., Stress distribution in the temporomandibular joint after mandibular protraction: A 3-dimensional finite element method study. Part 1. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 2009. 135(6): p. 737-748.
191. Ludwig, B., et al., Application of a new viscoelastic finite element method model and analysis of miniscrew-supported hybrid hyrax treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 2013. 143(3): p. 426-435.
192. Hong, H.R., et al., Effect of implant position, angulation, and attachment height on peri-implant bone stress associated with mandibular two-implant overdentures: A finite element analysis. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 2012. 27(5).
193. Vásquez, M., et al., Initial stress differences between sliding and sectional mechanics with an endosseous implant as anchorage: A 3-dimensional finite element analysis. *The Angle Orthodontist*, 2001. 71(4): p. 247-256.
194. Barbier, L., et al., Finite element analysis of non-axial versus axial loading of oral implants in the mandible of the dog. *Journal of oral rehabilitation*, 1998. 25(11): p. 847-858.
195. Wang, D., et al., Biomechanical analysis of rapid maxillary expansion in the uclp patient. *Medical engineering & physics*, 2009. 31(3): p. 409-417.
196. Henderson, J.H., M.T. Longaker, and D.R. Carter, Sutural bone deposition rate and strain magnitude during cranial development. *Bone*, 2004. 34(2): p. 271-280.
197. Jeon, P.D., et al., Analysis of stress in the periodontium of the maxillary first molar with a three-dimensional finite element model. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 1999. 115(3): p. 267-274.
198. Lee, H., et al., Maxillary expansion in customized finite element method models. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 2009. 136(3): p. 367-374.

199. Cheung, L. and H. Chua, A meta-analysis of cleft maxillary osteotomy and distraction osteogenesis. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 2006. 35(1): p. 14-24.
200. Aduss, H. and S. Pruzansky, Width of cleft at level of the tuberosities in complete unilateral cleft lip and palate. *Plastic and reconstructive surgery*, 1968. 41(2): p. 113-123.
201. Berkowitz, S. and S. Pruzansky, Stereophotogrammetry of serial casts of cleft palate. *The Angle orthodontist*, 1968. 38(2): p. 136-149.
202. Moss, M.L. and L. Salentijn, The primary role of functional matrices in facial growth. *American journal of orthodontics*, 1969. 55(6): p. 566-577.
203. Carter, D.R., et al., Mechanobiology of skeletal regeneration. *Clinical orthopaedics and related research*, 1998. 355: p. S41-S55.
204. Frost, H.M., From wolff's law to the utah paradigm: Insights about bone physiology and its clinical applications. *The Anatomical Record*, 2001. 262(4): p. 398-419.
205. Frost, H.M., A 2003 update of bone physiology and wolff's law for clinicians. *The Angle Orthodontist*, 2004. 74(1): p. 3-15.
206. Zhao, L., J.E. Herman, and P.K. Patel, The structural implications of a unilateral facial skeletal cleft: A three-dimensional finite element model approach. *The Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 2008. 45(2): p. 121-130.
207. Cheung, L.K., H.D.P. Chua, and M.B. Hägg, Cleft maxillary distraction versus orthognathic surgery: Clinical morbidities and surgical relapse. *Plastic and reconstructive surgery*, 2006. 118(4): p. 996-1008.
208. Holberg, C., Effects of rapid maxillary expansion on the cranial base—an fem-analysis*. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, 2005. 66(1): p. 54-66.
209. Holberg, C., Effects of rapid maxillary expansion on the cranial base an fem analysis. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, 2005. 66(1): p. 54-66.
210. Ataç, M., et al., Comparison of biomechanical behaviour of maxilla following le fort i osteotomy with 2-versus 4-plate fixation using 3d-fea. Part 1: Advancement surgery. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 2008. 37(12): p. 1117-1124.

211. Pan, X., et al., Biomechanical effects of rapid palatal expansion on the craniofacial skeleton with cleft palate: A three-dimensional finite element analysis. *The Cleft palate-craniofacial journal*, 2007. 44(2): p. 149-154.
212. Miyasaka-Hiraga, J., K. Tanne, and S. Nakamura, Finite element analysis for stresses in the craniofacial sutures produced by maxillary protraction forces applied at the upper canines. *British journal of orthodontics*, 1994. 21(4): p. 343-348.
213. Gautam, P., L. Zhao, and P. Patel, Biomechanical response of the maxillofacial skeleton to transpalatal orthopedic force in a unilateral palatal cleft. *The Angle Orthodontist*, 2011. 81(3): p. 503-509.
214. Peterson, J., Q. Wang, and P.C. Dechow, Material properties of the dentate maxilla. *The Anatomical Record Part A: Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology*, 2006. 288(9): p. 962-972.
215. Cowin, S.C. and R.T. Hart, Errors in the orientation of the principal stress axes if bone tissue is modeled as isotropic. *Journal of biomechanics*, 1990. 23(4): p. 349-352.
216. Strait, D.S., et al., Modeling elastic properties in finite-element analysis: How much precision is needed to produce an accurate model? *The Anatomical Record Part A: Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology*, 2005. 283(2): p. 275-287.
217. Hou, M., et al., [study of biomechanical properties of mucosa scars after cleft palate surgery]. *Zhonghua zheng xing wai ke za zhi= Zhonghua zhengxing waike zazhi= Chinese journal of plastic surgery*, 2013. 29(6): p. 453-456.
218. Zhang, D., et al., 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. *Biomedical engineering online*, 2015. 14(1): p. 1.
219. Sandikçiolu, M. and S. Hazar, Skeletal and dental changes after maxillary expansion in the mixed dentition. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 1997. 111(3): p. 321-327.
220. Memikoglu, T.U.T. and H. Iseri, Effects of a bonded rapid maxillary expansion appliance during orthodontic treatment. *The Angle orthodontist*, 1999. 69(3): p. 251-256.

221. Velázquez, P., E. Benito, and L.A. Bravo, Rapid maxillary expansion. A study of the long-term effects. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 1996. 109(4): p. 361-367.
222. Tindlund, R.S., P. Rygh, and O.E. Bøe, Intercanine widening and sagittal effect of maxillary transverse expansion in patients with cleft lip and palate during the deciduous and mixed dentitions. *The Cleft palate-craniofacial journal*, 1993. 30(2): p. 195-207.
223. Subtelny, J.D. and A.G. Brodie, An analysis of orthodontic expansion in unilateral cleft lip and cleft palate patients. *American Journal of Orthodontics*, 1954. 40(9): p. 686-697.
224. Isaacson, R.J. and T.D. Murphy, Some effects of rapid maxillary expansion in cleft lip and palate patients. *The Angle Orthodontist*, 1964. 34(3): p. 143-154.
225. Mathew, A., K. Nagachandran, and D. Vijayalakshmi, Stress and displacement pattern evaluation using two different palatal expanders in unilateral cleft lip and palate: A three-dimensional finite element analysis. *Progress in Orthodontics*, 2016. 17(1): p. 38.
226. Nicholson, P. and D. Plint, A long-term study of rapid maxillary expansion and bone grafting in cleft lip and palate patients. *The European Journal of Orthodontics*, 1989. 11(2): p. 186-192.
227. Capellozza, F.L., A. De Almeida, and W. Ursi, Rapid maxillary expansion in cleft lip and palate patients. *Journal of clinical orthodontics: JCO*, 1994. 28(1): p. 34-39.
228. Chaconas, S.J. and A.A. Caputo, Observation of orthopedic force distribution produced by maxillary orthodontic appliances. *American journal of orthodontics*, 1982. 82(6): p. 492-501.
229. Shetty, V., et al., Biomechanical rationale for surgical-orthodontic expansion of the adult maxilla. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 1994. 52(7): p. 742-749.
230. Chung, C.-H. and B. Font, Skeletal and dental changes in the sagittal, vertical, and transverse dimensions after rapid palatal expansion. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 2004. 126(5): p. 569-575.