

BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PTERİGO-MAKSİLLER BİLEŞKE YAPISININ CERRAHİ DESTEKLİ
MAKSİLLER GENİŞLETME İŞLEMİNE ETKİSİNİN SONLU ELEMAN
ANALİZİYLE İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Dt. Melis HAYDARPAŞA

Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı

Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Doktora Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Doğan DOLANMAZ

Temmuz 2022

Bezmiâlem Vakıf Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü'nün 185308002 numaralı Doktora Öğrencisi Melis HAYDARPAŞA, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “PTERİGO-MAKSİLLER BİLEŞKE YAPISININ CERRAHİ DESTEKLİ MAKSİLLER GENİŞLETME İŞLEMİNE ETKİSİNİ SONLU ELEMAN ANALİZİYLE İNCELENMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Doğan DOLANMAZ

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Nükhet KÜTÜK

Prof. Dr. Hakan Hıfzı TÜZ

Prof. Dr. Mustafa Ercüment ÖNDER

Prof. Dr. Gökmen KURT

Teslim Tarihi : 7 Haziran 2022

Savunma Tarihi : 1 Temmuz 2022



Canım aileme,

ÖNSÖZ

Doktora eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşarak daima bana yol gösteren ve destekleyen, tez çalışmamda büyük emeği geçen, sayın danışman hocam, mentorum Prof. Dr. Doğan DOLANMAZ'a, engin bilgi ve tecrübeleri ile beni aydınlatan ve her zaman desteğini hissettiğim değerli hocam Prof. Dr. Nükhet KÜTÜK'e, tez çalışmam süresince bilgi ve tecrübeleri ile bana yol göstererek bilgisini ve zamanını esirgemeyen, tezimi yazmamda büyük emekleri olan sayın hocam Dr. Nurettin DİKER'e, doktora eğitimimin ilk gününden beri sonsuz bilgi ve tecrübeleriyle bana ışık olan ve desteğini esirgemeyen kıymetli hocalarım sayın Prof. Dr. Alper ALKAN ve sayın Prof. Dr. Erdem KILIÇ'a, doktora eğitimim ve tez çalışmam süresince destekleriyle her zaman yanımda olan kıdemlilerim Dr. Dt. Ahmet ERDEM ve Dr. Dt. Gizem ALAGÖZ KABAY'a ve asistan arkadaşım Dt. Melike POLAT'a, çalışmam boyunca gösterdikleri anlayış ve yardımları için Bezmialem Ağız Diş Çene Cerrahisi Anabilim Dalındaki tüm hocalarım ve asistan arkadaşlarıma, her zaman yanımda olan ve beni daima destekleyen arkadaşlarım Dt. Ecem ÖZÇELİK ve Doç.Dr. Fatma Pelin ÖZGEN'e, hayatım boyunca daima beni destekleyerek bütün başarılarımda çok büyük emeği olan canım babam Saffet HAYDARPAŞA'ya, biricik annem Behice HAYDARPAŞA'ya, en kıymetlim kardeşim İlayda HAYDARPAŞA'ya, tez çalışmam boyunca desteğini hiç eksik etmeyen ve tezimin düzenlemelerini yapmamda bana destek olan nişanlım, yol arkadaşım Ozan YALÇIN'a

Ve tezimde emeği geçen herkese sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2022

Dt. Melis HAYDARPAŞA

BEYAN

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

Dt. Melis HAYDARPAŞA

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	iv
BEYAN	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR	viii
SEMBOLLER	ix
TABLO LİSTESİ	x
ŞEKİL LİSTESİ	xi
ÖZET	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 Maksillanın Anatomisi	3
2.1.1 Pterigo-maksiller bileşke ve pterigo-maksiller fissür	6
2.2 Maksiller Deformiteler	8
2.2.1 Maksiller transversal yetmezlik	8
2.2.2 Maksiller transversal yetmezlik etiyojisi	8
2.2.3 Maksiller transversal yetmezlik tanısı	10
2.2.3.1 Klinik değerlendirme	10
2.2.3.2 Model analizi	11
2.2.3.3 Radyografik değerlendirme	12
2.3 Maksiller Transversal Yetmezliğin Tedavisi	14
2.3.1 Cerrahi destekli hızlı maksiller genişletme	14
2.3.1.2 Cerrahi destekli hızlı maksiller genişletme endikasyonları	16
2.3.1.3 Cerrahi destekli hızlı maksiller genişletme tekniği	16
2.3.1.4 Cerrahi destekli hızlı maksiller genişletme apareyleri ve aktivasyon protokolleri	18
2.3.1.5 Cerrahi destekli hızlı maksiller genişletme komplikasyonları	21
2.4 Sonlu Elemanlar Analizi	22
2.4.1 Sonlu elemanlar analizindeki temel kavramlar	23
2.4.2 Sonlu elemanlar analizindeki stres analiz yöntemleri	24
2.4.3 Sonlu elemanlar analiz yönteminin aşamaları	24
3.GEREÇ VE YÖNTEM	26
3.1 Popülasyondaki Pterigo-maksiller Bileşke Morfolojisinin Değerlendirilmesi	26
3.1.1 RPE apareyinin modellenmesi	28
3.1.2 Kortikal & Trabeküler kemik, periodontal ligament ve dişlerin modellenmesi	28
3.1.3 Matematiksel modellerin elde edilmesi	35
3.1.5 Yükleme senaryoları ve sınır koşulları	36
3.1.6 Analizlerin yapılması	38
4. BULGULAR	41
4.1 Pterigo-maksiller Bileşke Üzerinde Oluşan Stresler (MPa)	41

4.2 Belirlenen Noktalardaki Yer Değiş-tirmeler	45
4.3 Belirlenen İkincil Noktalar Üzerindeki Stresler.....	49
5. TARTIŞMA	56
6.SONUÇLAR	63
KAYNAKLAR	64
EKLER 72	
EK : Etik Kurul Onayı.....	72
ÖZGEÇMİŞ.....	75



KISALTMALAR

.stl	: Standart Üçgen Dili
3Dmd	: 3 Boyutlu Yüzey Görüntülemesi
A	: Arteria
AG	: Sağ Antegion
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
CAD	: Bilgisayar Destekli Dizayn
CBCT	: Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
DDY	: Dudak Damak Yarığı
GA	: Sol Antegion
JL	: Sol Jugula
JR	: Sağ Jugula
M	: Musculus
MRG	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
N	: Nervus
OL	: Sol Orbital
OR	: Sağ Orbital
PDL	: Periodontal Ligament
PMB	: Pterigo-Maksiller Bileşke
PS	: Asal Gerilim
RPE	: Rapid Palatal Ekspansiyon
SARPE	: Cerrahi Destekli Hızlı Maksiller Genişletme
SEA	: Sonlu Elemanlar Analizi
SEM	: Sonlu Elemanlar Metodu

SEMBOLLER

mm	: Milimetre
MPa	: Megapascal
N/m²	: Pascal
Psi	: Pound Per Square Inch



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1: Ölçülen PMB popülasyon değerlerine uygun olarak hazırlanan 7 adet maksilla modeli.	34
Tablo 2: Oluşturulan yedi analiz modeli için toplam düğüm ve eleman sayısı.	36
Tablo 3: Malzeme özellikleri.	36
Tablo 4: Derinliğe bağlı değişen PMB üzerindeki Von Misses değerleri.....	41
Tablo 5: Kalınlığa bağlı değişen PMB üzerindeki Von Misses değerleri.....	42
Tablo 6: Uzunluğa bağlı değişen PMB üzerindeki Von Misses değerleri.	44
Tablo 7: Belirlenen noktalardaki derinliğe bağlı yer değiştirme değerleri.	45
Tablo 8: Belirlenen noktalarda kalınlığa bağlı yer değiştirme değerleri.....	46
Tablo 9: Belirlenen noktalarda uzunluğa bağlı yer değiştirme değerleri.	48
Tablo 10: Belirlenen ikincil noktalar üzerindeki derinliğe bağlı stres değişimleri... ..	50
Tablo 11: Belirlenen ikincil noktalar üzerindeki kalınlığa bağlı stres değişimleri. ..	52
Tablo 12: Belirlenen ikincil noktalar üzerindeki uzunluğa bağlı stres değişimleri. .	54

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1: İnsan kafatasında maksillanın frontal cepheden görünümü.	4
Şekil 2: Maksillanın infratemporal yüzündeki Fissüra pterigomaksillarisin gerçek kafatasındaki görünümü.	6
Şekil 3: Maksiller transversal yetmezlikte çift taraflı posterior kapanış.	8
Şekil 4: Maksillada parmak emmeye bağlı V formunda daralma.	9
Şekil 5: Maksiller darlığın posterianterior sefelogram ile değerlendirilmesi.	13
Şekil 6: Lateral maksilla osteotomisi.	17
Şekil 7: Maksillanın SARPE sonrası simetrik açılımı.	17
Şekil 8: Ekspansiyon apereyinin SARPE sonrası kontrolü.	18
Şekil 9: Hyrax maksiller ekspansiyon apereyi.	19
Şekil 10: Akrilik cap splint.	20
Şekil 11a: Pterigomaksiller bileşkenin horizontal yöndeki genişliğinin ölçümü.	27
Şekil 11b: Pterigomaksiller bileşkenin kalınlığının ölçümü	27
Şekil 11c: Pterigomaksiller bileşkenin uzunluğunun ölçümü.	27
Şekil 12: RPE Apereyinin modellenmesi.	28
Şekil 13: Kortikal ve trabeküler kemik, periodontal ligament ve dişlerin modellenmesi ve .stl formatında aktarılması.	29
Şekil 14a: Modelin .stl formatında dışarı aktarılması.	30
Şekil 14b: Modelin .stl formatında dışarı aktarılması ve ¾ Lateral görünümü.	30
Şekil 15a: Dişlerin dış yüzeyleri referans alınarak uygun kalınlıkta periodontal ligamentler modellenmesi.	31
Şekil 15b: Dişlerin dış yüzeyleri referans alınarak uygun kalınlıkta periodontal ligamentler modellenmesi.	31
Şekil 15c: Dişlerin dış yüzeyleri referans alınarak uygun kalınlıkta periodontal ligamentler modellenmesi.	32
Şekil 16a: SARPE işleminin modellenmesi.	32
Şekil 16b: SARPE işleminin modellenmesi ve apertura priformisten tuber maksillanın posterioruna ve midpalatal sutura 1mm'lik osteotomiler oluşturulması.	32
Şekil 16c: SARPE işleminin modellenmesi ve apertura priformisten tuber maksillanın posterioruna ve midpalatal sutura 1mm'lik osteotomiler oluşturulması.	33
Şekil 16d: SARPE işleminin modellenmesi ve apertura priformisten tuber maksillanın posterioruna ve midpalatal sutura 1mm'lik osteotomiler oluşturulması.	33
Şekil 17: Farklı PMB derinliklerindeki modellerin simülasyonu.	35
Şekil 18a: Kırmızı renk ile gösterilen sınır koşulu.	37
Şekil 18b: Mavi renk ile gösterilen sınır koşulu.	37
Şekil 19a: Yer değiştirme analizinde kullanılan noktalar.	39

Şekil 19b: Stres analizinde kullanılan noktalar	39
Şekil 19c: Stres analizinde kullanılan noktalar	40
Şekil 20a: Model-1 Von Misses değerleri	42
Şekil 20b: Model-7 Von Misses değerleri	42
Şekil 20c: Model-2 Von Misses değerleri	42
Şekil 21a: Model-3 Von Misses değerleri	43
Şekil 21b: Model-7 Von Misses değerleri	43
Şekil 21c: Model-4 Von Misses değerleri	43
Şekil 22a: Model-5 Von Misses değerleri	44
Şekil 22b: Model-7 Von Misses değerleri	44
Şekil 22c: Model-6 Von Misses değerleri	44
Şekil 23a: Model-1 yerdeğiştirme (derinlik) değerleri	45
Şekil 23b: Model-7 yerdeğiştirme (derinlik) değerleri	46
Şekil 23c: Model-2 yerdeğiştirme (derinlik) değerleri	46
Şekil 24a: Model-3 yerdeğiştirme (kalınlık) değerleri	47
Şekil 24b: Model-7 yerdeğiştirme (kalınlık) değerleri	47
Şekil 24c: Model-4 yerdeğiştirme (kalınlık) değerleri	47
Şekil 25a: Model-5 yerdeğiştirme (uzunluk) değerleri	48
Şekil 25b: Model-7 yerdeğiştirme (uzunluk) değerleri	48
Şekil 25c: Model-6 yerdeğiştirme (uzunluk) değerleri	48
Şekil 26a: Model-1 belirlenen ikincil noktalardaki derinliğe bağlı stres değişimleri.	50
Şekil 26b: Model-7 belirlenen ikincil noktalardaki derinliğe bağlı stres değişimleri.	51
Şekil 26c: Model-2 belirlenen ikincil noktalardaki derinliğe bağlı stres değişimleri.	51
Şekil 27a: Model-3 belirlenen ikincil noktalardaki kalınlığa bağlı stres değişimleri.	52
Şekil 27b: Model-7 belirlenen ikincil noktalardaki kalınlığa bağlı stres değişimleri.	53
Şekil 27c: Model-4 belirlenen ikincil noktalardaki kalınlığa bağlı stres değişimleri.	53
Şekil 28a: Model-5 belirlenen ikincil noktalardaki uzunluğa bağlı stres değişimleri.	54
Şekil 28b: Model-7 belirlenen ikincil noktalardaki uzunluğa bağlı stres değişimleri.	55
Şekil 28c: Model-6 belirlenen ikincil noktalardaki uzunluğa bağlı stres değişimleri.	55

PTERİGO-MAKSİLLER BİLEŞKE YAPISININ CERRAHİ DESTEKLİ MAKSİLLER GENİŞLETME İŞLEMİNE ETKİSİNİN SONLU ELEMAN ANALİZİYLE İNCELENMESİ

ÖZET

Amaç: Cerrahi destekli maksiller genişletmede pterigo-maksiller bileşkeye yaklaşım ile ilgili kesin bir fikir birliği yoktur. Bölgeyle ilişkili önemli nöro-vasküler yapıların varlığı nedeniyle bazı araştırmacılar tarafından pterigo-maksiller osteotomi önerilmezken diğer bir grup araştırmacıysa bu bölgenin üst çene genişletmesi için ciddi bir direnç noktası oluşturacağı ve ayrılması gerektiğini savunmaktadır. Bu çalışmada, pterigomaksiller bileşkenin morfolojik karakteristiği radyolojik olarak belirlenmiş ve sonlu elemanlar analizi ile üst çene genişletme paternine etkileri incelenmiştir.

Materyal- Methot: Bezmialem Diş Hekimliği Fakültesi radyoloji arşivinde mevcut olan 18-30 yaş arasındaki tam dişli sağlıklı bireylere ait olan 240 maksilla tomografisi incelenerek pterigomaksiller bileşkenin 3 boyutlu morfolojisi her boyut (derinlik, kalınlık, uzunluk) için ayrı ayrı ölçülmüştür. Elde edilen boyutsal değerler kullanılarak birinci çeyrek, ortanca, üçüncü çeyrek değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler kullanılarak sonlu elemanlar analizi yöntemiyle 7 farklı maksilla modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan modellerde cerrahi destekli genişletme işlemi simüle edilerek, pterigomaksiller bileşkede ve ilişkili diğer direnç bölgelerinde oluşan stres değerleri incelenmiştir.

Bulgular: Maksillanın genişletilmesiyle birlikte pterigomaksiller bölgede oluşan stresi en fazla arttıran unsurun derinlik olduğu ve bunun kalınlık ve yüksekliğin takip ettiği görülmüştür. Pterigomaksiller bölge yüksekliğin artması stresin azalmasına yol açmıştır. Ayrıca pterigomaksiller bileşkenin boyutlarının daha büyük olduğu modellerde zigomatik ark, frontozigomatik suture, medial pterigoid plate gibi alanlarda oluşan stresler artmıştır. Pterigo-maksiller bileşkenin boyutsal olarak artışı transversal genişletmede posterior bölgeye gittikçe azalmayla sonlanmıştır.

Sonuç: Bu çalışmanın sonuçlarına göre, transversal darlığın özellikle posterior maksillayı da içerdiği durumlarda, pterigomaksiller bileşkenin derinlik ve

kalınlığının artışının bu bölgede osteotomiye olan ihtiyağın belirlenmesinde kritik faktörler olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Sonlu elemanlar analizi, pterigo-maksiller bileşke, SARPE



THE EVALUATION OF THE EFFECT OF THE PTERYGO-MAXILLARY JUNCTION STRUCTURE ON SURGICALLY ASSISTED MAXILLARY EXPANSION BY FINITE ELEMENT ANALYSIS

SUMMARY

Objective: There is no consensus regarding the approach to the pterygo-maxillary junction in surgically assisted maxillary expansion. While pterygo-maxillary osteotomy is not recommended by some researchers due to the presence of important neuro-vascular structures associated with the region, another group of researchers argue that this region will create a serious resistance point for maxillary expansion and should be separated. In this study, the morphological characteristic of the pterygomaxillary junction was determined radiologically and its effects on the maxillary expansion pattern were investigated by finite element analysis.

Material-Method: The 3-dimensional morphology of the pterygo-maxillary was measured separately for each dimension by examining 240 maxillary tomographies belonging to 18-30 years old healthy individuals with full teeth available in the archive of our faculty. First quartile, median, third quartile values of the measurements were calculated. Seven maxilla models with different three dimensional pterygo-maxillary characteristics were modelled and the effect of the structural characteristic of the pterygo-maxillary on the maxillary expansion pattern and the stresses in the resistance regions was evaluated by simulating the surgically assisted maxillary expansion.

Results: It has been observed that the factor that increases the stress in the pterygomaxillary region the most with the enlargement of the maxilla is the depth, followed by thickness and height. The increase in pterygomaxillary region height led to a decrease in stress. In addition, in models with larger pterygomaxillary junction, stresses in areas such as the zygomatic arch, frontozygomatic suture, and medial pterigoid plate increased. The dimensional increase of the pterygomaxillary junction ended with a gradual decrease in the posterior region in transversal expansion..

Conclusion: According to the results of this study, it can be said that the increase in the depth and thickness of the pterygo-maxillary junction are critical factors in determining the need for osteotomy in this region, especially in cases where the transversal stenosis also includes the posterior maxilla.

Keywords: Finite elements analysis, pterygo-maxillary junction, SARPE



1. GİRİŞ

Maksiller transversal yetmezlik, genç erişkin bireylerde ve yetişkinlerde sıklıkla karşılaşılan klinik problemlerden biridir [1, 2].

Popülasyona göre, süt, karma ve daimi dişlenme dönemlerinde maksiller darlık görülme insidansının yaklaşık olarak % 8-16 arasında değiştiği epidemiyolojik çalışmalarla belirlenmiştir[3, 4]. Türk toplumunda ise maksillar transversal darlık görülme oranı %2.7 olarak bildirilmiştir [5].

Maksiller transversal genişlemeyi engelleyerek maksiller darlığa neden olan faktörler İskeletsel gelişim ile birlikte kemik esnekliğinin azalması [4, 6] orta palatal sütur ve diğer maksiller süturların interdijitasyonun artması olarak sayılabilir[5, 7].

Maksiller darlığın oluşmasında kalıtsal faktörler, sistemik hastalıklar, ağız solunumu ve parmak emme gibi anormal basınç alışkanlıklarının etkili olduğu bildirilmiştir[3]. Erken dönemde tedavi edilmeyen ağız solunumunun, maksilla ve yüz gelişimini olumsuz etkileyen en önemli faktörlerden biri olduğu birçok çalışmada açıkça gösterilmiştir[1, 8].

Hipokrat tarafından ilk kez tanımlanan maksiller darlığın tedavisiyle ilgili çalışmalar 19. yy. da başlamıştır[9, 10].

İlk kez 1860'da Angell tarafından tanımlanan midpalatal süturu açma kavramı ile dentofasiyel ortopedik genişletmenin temelleri oluşturmuştur[11]. Daha sonra 1960'lı yıllarda Haas'ın bu konudaki çalışmaları ve geliştirdiği hızlı maksiller genişletme aygıtı ile maksiller genişletme çekimli ortodontik tedavinin yerini almaya başlamıştır[12, 13].

Erişkin hastalarda yaşa bağlı olarak fasiyal iskelette olgunlaşma meydana gelir ve adölesanlarda olduğu gibi etkili genişletme yapılamaz ve genişletmeye karşı direnç oluşur. Haas, bu direncin sanıldığı gibi midpalatal süturdan değil, zigomatik kemiklerden kaynaklandığını bildirmiştir[14]. Erişkin hastalarda maksiller

genişletmenin elde edilebilmesi için bu direncin ortadan kaldırılması gerekmektedir[15].

Tek veya çift taraflı maksiller darlığı bulunan genç erişkin ve yetişkin hastalar cerrahi destekli hızlı maksiller genişletme ile tedavi edilebilir[4].

Bu amaçla tanımlanan maksiller osteotomi tekniklerinden günümüzde en sık tercih edilen teknik, Glassman tarafından tanımlanmıştır. Bu tekniğin osteotomisi st ikinci molar ile kanin diş arasında, köklerin 4-5 mm. apikalinden ve atake mukoza hizasındadır[16].

İlk olarak Brown tarafından 1938 yılında tanımlanan SARPE (cerrahi destekli hızlı maksiller genişletme) tekniği günümüzde geliştirilerek bugün kullandığımız tekniğe dönüştürülmüştür[17]. İşleme st neye uygulanan insizyon ve diseksiyonlar sonrasında apertura priformisden pterigo-maksiller bileşkeye uzanan bir osteotomi yapılarak başlanır. Daha sonra maksilla orta hattında genişletmenin olabilmesi için midpalatal osteotomi yapılarak st ne iki kısıma ayrılır. Bu aşamadan sonra st ne pterigo-maksiller bileşkeler ve burun lateral duvarlarıyla kafa kaidesine halen bağlıdır[18]. Bu aşamada araştırmacıların bir kısmı st ne genişletmesi için bir direnç noktası olarak öngörülen pterigo-maksiller bileşkenin ayırması gerektiğini savunurken, bir kısmı bu osteotominin komplikasyon riskini arttırdığı ve st ne genişleme paterninde değişikliğe neden olmadığını savunmaktadır[18, 19]. Bu amaçla pterigo-maksiller bileşlenin üç boyutlu yapısal özelliklerinin ekspansiyon paterninin değişimine etkisi olabileceği bu nedenle hangi boyutsal özellikleri barındırdığında PMB'nin ayrılması gerektiğiyle ilgili bir öngörü sağlanabilmesi amacıyla farklı boyutsal özelliklere sahip PMB'lerin maksillanın ekspansiyon paterni ve ne-yüz bölgesinin direnç noktalarında oluşan stres değerleri üzerine etkilerinin sonlu elemanlar analizi ile araştırılması amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Maksillanın Anatomisi

Mandibuladan sonra, yüz iskeletini oluşturan kemiklerden en büyük olanı maksilladır. Maksilla, en büyük paranasal sinüs olan maksiller sinüsü de içeren ve yüz iskeletinin büyük kısmını oluşturan, viscerocraniumun mandibuladan sonraki ikinci en büyük çift yapılı kemiklerindedir. Maksilla, orbita tabanının büyük kısmı ve oral kavite tavanı ile nazal kavite tabanı ve dış duvarını içermektedir. Maksilla ayrıca etmoid, nazal, sfenoid kemik, vomer, palatin, lakrimal, zigomatik kemik ve inferior nazal konka, nazal ve septal kırkıdaklar ile eklem yapmaktadır[20].

Maksilla viscerocraniumun çift kemiklerinden olup, sağ ve sol maksilla ortada intermaksiller suture ile birleşerek üst çene iskeletini oluşturmaktadır. Bu iskelet ağız boşluğu, burun boşluğu, orbita boşluğu ve maksiller sinüsün yapısına katılır. Maksilla ayrıca infratemporal fossa ve pterigopalatin fossaların yapısına da destek olmaktadır.

Maksilla, mandibula ve vomer hariç diğer yüz kemikleriyle suturlar ile birleşmektedir. Bu suturlar; pterigopalatin, zigomatikomaksiller ve frontomaksiller suturlardır.

Maksilla sağ ve sol maksilla olarak iki ayrı yapıdan oluşur ve ortada sutura intermaksillaris ile birleşir. Maksilla; processus frontalis, processus zygomaticus, processus palatinus, processus alveolaris olarak adlandırılan dört çıkıntı ve corpus maxillae olarak adlandırılan bir gövdeden olmak üzere toplam beş bölümden oluşmaktadır[20].

Processus frontalis maksilla gövde kısmının anteromedial köşesini oluşturarak maksillanın frontal kemikle olan bağlantısını sağlarken processus zygomaticus gövdenin lateral köşesini oluşturarak maksillayı zigomatik kemik ile bağlar. Processus palatinus ise horizontal olarak gövdenin medial yüzeyinde devam ederek karşı tarafın maksillası ile birleşerek sert damağın ¾'lük ön kısmını oluşturur. Alveolar proces

ise aşağı doğru devam ederek maksiller dişlerin soketlerini ve kemik desteğini oluşturur[20, 21].

Maksillanın gövdesi ise içinde en büyük paranasal sinüs olan maksiller sinüsü de içeren ve burun boşluğuna bakan bir tabandan oluşan  köşeli bir piramit şelindedir. Bu gövde maksillanın anterior yüzünü oluşturur. Maksillanın n yüzü maksiller sinüsün n yan duvarını oluşturur.

Apertura Piriformis, spina nasalis anterior, foramen infraorbitale, fossa canina ve mimik kaslarının yapışma yeri maksillanın anterior yüzünde bulunmaktadır. İçinden a.v.n infraorbitalis geçen infraorbital kanalın çıkış yeri İnfraorbital foramen olarak isimlendirilir ve altında fossa canina bulunur. Maksillanın anteriorunun iç kısmında insisura nasalis adlı bir delik vardır ve bu delik, nazal kemiğin alt kenarı ve maksillanın diğer kısmındaki incisura nasalisle birleşerek apertura priformis denilen açıklığı oluşturmaktadır. Apertura priformisin ortasındaki çıkıntı spina nasalis anterior olarak adlandırılır ve nasal septum ile bağlantı yapar[20] (**şekil 1**).



şekil 1: İnsan kafatasında maksillanın frontal cepheden görünümü.

Maksillanın bir tarafındaki palatinal çıkıntısı diğer tarafındaki palatinal ıkıntısıyla medial ve horizontal doğrultuda nazal yüzeyinden devam ederek orta hatta birleşir.

Böylelikle bu iki parça sert damağın $\frac{3}{4}$ 'lük ön kısmını oluşturmuş olur ve bu birleşimin ön tarafında oluşan delik foramen incisivum olarak adlandırılır. Foramen incisivumun içinden nazopalatin sinir ve sfenopalatin arter geçmektedir ve bu damar sinir paketi sert damağın ön $\frac{2}{3}$ lük kısmının inervasyonunu ve beslenmesini sağlamaktadır. Palatinal kemiğin horizontal laminası ise sert damak iskeletininin arka $\frac{1}{4}$ lük kısmını oluşturmaktadır. Foramen palatinum majus ise sert damakta posterior bölgede çift taraflı olarak maksiller ikinci molar diş hizasında transversal sütür içinde bulunur. Transversal sütür ise maksiller birinci ve ikinci molar dişler arasında palatinal kemik ve maksillanın palatinal çıkıntısı arasında yer alır. Foramen palatinum majusun klinik önemi ise içinden nervus palatinum majus ve arteria palatina descendes geçmesidir. Bu damar sinir paketi sert damağın arka $\frac{1}{3}$ 'ünün beslenmesini ve innervasyonu sağlamaktadır[20, 22, 23].

Maksillanın nazal ve palatinal bölgeye doğru uzanan parçaları; vomer, etmoid kemik, palatinal kemik, sfenoid kemiğin pterigoid laminaları ve concha nasalis inferior gibi kemik yapılar tarafından meydana gelir. Maksillanın gövde kısmının beslenmesinin sağlanmasında bu yapıların önemi büyüktür. Bu yapılardan geçen arterler maksillanın gövdesinin kan desteğini sağlar. Maksillayı besleyen arterler arteria karotis externanın dallarıdır. Arteria maxillaris arteria karotis externanın uç dallarından kalın olanıdır ve pars mandibularis, pars pterigopalatina ve pars pterigoideus olmak üzere üç kısma ayrılır. A maxillaris fossa pterigopalatina içerisinde ilerken dallara ayrılır. Bunlar mediale doğru devam eden vidian ve sfenopalatin arter, aşağıya doğru devam eden a. palatina descendens, öne doğru devam eden a. alveolaris superior posterior ve a. infraorbitalistir. A. palatina descendens, major palatin kanaldan aşağı doğru devam ederek damağa gelir ve sert damağı besleyerek major palatin kanaldan çıkarak ve önde insiziv kanala kadar devam eder. İncisiv kanal boyunca seyreden arterlerinden biri de a. sphenopalatinusun dalı olan a. nasopalatinustur ve maksillanın anteriorundan inciziv kanal boyunca devam eder. A. fasiyalisin dalı olan a. palatina ascendens faringeal arterle anastomoz yaparak damağın posterior bölgesinde foramen palatinum minus içerisinde minör palatin artere katılarak seyrine devam eder [24, 25].

2.1.1 Pterigo-maksiller bileşke ve pterigo-maksiller fissür

Sfenoid kemiğin processus pterigoideusunun lamina medialis ve lamina lateralis olmak üzere iki kısmı vardır. Lamina medialisin alt kısmının ucunda hamulus denilen ve yumuşak damakta da palpe edilebilen bir çıkıntısı vardır[20, 21].

Maksillanın infratemporal yüzünde sfenoid kemiğin pterigoid çıkıntıları ve palatinal kemiğin primidal çıkıntıları tuber maksillanın yukarısında birleşir. Sfenoid kemiğin pterigoid çıkıntıları ve maksilla arasında oluşan bu üçgen şeklindeki aralık pterigo-maksiller fissür olarak adlandırılır (**Şekil 2**). Fissura pterigo-maksillaris ya da diğer adıyla fissura pterigopalatina önde tuber maksilla arkada processus pterigoideus tarafından sınırlanır. Fissura pterigo-maksillaris fossa pterigopalatinanın dış duvarında bulunarak üst ucuyla, fissura orbitalis inferiorun lateral kısmıyla devam ederek, bu iki fissürün birleşim yerindeki fossa infratemporalisi, fossa pterigopalatinaya bağlayarak bir geçit oluşturur. Yedi farklı tipi bulunan bu geçitin şekli Le fort gibi osteotomilerde büyük önem taşır. A. ve v. maxillaris bu fissürden geçer. A. maxillaris fissura pterigo-maksillaristen geçerek fossa infratemporalisten fossa pterigopalatinaya devam eder. Pterigopalatin fossa nın üst duvarında bulunan fissura orbitalis inferiorun medial kısmı fossa pterigopalatinayı orbitaya bağlarken lateral kısmı fossa infratemporalis ile bağlantı kurar. Fissura orbitalis inferiorun içerisinden beş numaralı kranial sinir olan trigeminusun dalı olan nervus maxillarisin n. infraorbitalisi, n. zygomaticus, arteria ve vena infraorbitalis, plexus venosus pterigoideusun dalları geçer[22, 26].



Şekil 2: Maksillanın infratemporal yüzündeki Fissüra pterigomaksillarisin gerçek kafatasındaki görünümü.

Fissura orbitalis inferior ve fissura pterigo-maksillarisin birleşim yerindeki fossa pterigopalatina, pterigo-maksiller fissür ile fossa infratemporalise, fissura orbitalis inferior ile orbitaya açılır[20].

Fossa pterigopalatina yüzün orta üçlüsünde bulunan kompleks bir anatomik yapıdır. Orbitanın altında, küçük ters dikdörtgen piramit şekilli, sfenoid kemiğin pterigoid processleri ve maksilla arasında yer alan anatomik bir boşluktur. Sinüs maksillarisin arka duvarının arkasında yer alır. Fossa pterigopalatinanın arka sınırında medial ve lateral ptergoid çıkıntılarının birleştiği yer bulunurken, ön sınırında ise maksillanın corpusu vardır. Üst sınırı sfenoid kemiğin gövdesi tarafından daralarak canalis pterigopalatina adını alır[27, 28].

Fossa pterigopalatina nın içeriğindeki önemli yapılar, maksiller arterin terminal kısmı ve a. alveolaris posterior superior, a. canalis pterigoideus, a. infratemporalis, a. pharyngealis, a. sphenopalatina, a.palatina descendens; n. maxillaris ve ganglion, meningeal, zigomatik, infraorbital, posterior superior alveoler dalları; orbital dallar; ganglion pterigopalatinum, n. nasopalatinus, n. pharyngealis, n. nasopalatinus. Burada dikkat edilmesi gereken vasküler yapıların fossanın ön ve alt kısmında, nöral yapılarınsa arka ve ön kısmında yer almasıdır[29].

Fossa infratemporalis ya da diğer adıyla fossa pterigomandibularis, fossa cranii media ve temporal kemiğin pars petrosasının inferioruna yerleşmiş, zigomatik arkın medialinde yer alan mandibula ve pharynx arasındaki bölgeyi içeren düzensiz şekilli bir anatomik boşluktur. Sınırlarında lateralde ramus mandibulanın iç yan yüzü, medialde tuber maksilla, fissura pterigo-maksillaris, sfenoid kemiğin processus pterigoideus lamina lateralis, anterirda maksillanın posteriorundaki tuber maksilla, posteriorunda temporal kemiğin processus styloideusu, processus mastoideusu ve pars tympanicası bulunmaktadır. Bu fossaya ulaşmak için zigomatik ark ve mandibulanın ramusunu kaldırmak gereklidir[28, 30].

Fossa infratemporalisin içinden geçen önemli anatomik yapılar; ramus mandibula, pterigoid kaslar ve fascia pterigoidea, m. pterigoideus medialis ve m. pterigoideus lateralis, plexus venosus pterigoideus, n. mandibularisin dalları, chorda tympani ve ganglion oticum ve a. maxillaris ve dalları bulunur. A. maksillaris a. carotis externanın uç dallarındandır ve gl parotidea içerisinde a. carotis externadan dik bir açıyla ayrılır ve fossa infratemporalisten sonra fossa pterigopalatinaya devam eder[30].

2.2 Maksiller Deformiteler

2.2.1 Maksiller transversal yetmezlik

Maksiller transversal yetmezlik adolesan ve yetişkinlerde gözlenen kraniofasiyal bölgede en sık karşılaşılan iskeletsel problemlerden olup konjenital kraniofasiyal sendromu olan dudak damak yarıklı (DDY) hastalarda da sık karşımıza çıkmaktadır. Ortodontik tedavi görmesi gereken hastalarda maksiller transversal darlık görülme insidansı %8 - %18 arasında değişmektedir[31, 32].

Maksillanın transversal olarak yetersizliği sıklıkla maksillar darlık olarak görülmektedir. Literatürde ilk kez Hipokrat tarafından tanımlanmıştır. Maksiller darlığa eşlik eden bir çok problem vardır. Bunlardan bahsetmek gerekirse; farengeal hava yolunda daralma, retroglossal hava yolunda daralma, pozisyonu değişen dil ve bununla da ilişkili olarak ağız solunumu ve tüm bunlardan etkilenen oklüzyondaki uyumsuzluğun neden olduğu estetik ve fonetik problemler olarak sayabiliriz[33, 34].

Maksiller transversal yetmezliği klinikte tek veya çift taraflı posterior çapraz kapanış olarak görülür bu sadece iskeletsel veya dişsel kaynaklı olabileceği gibi ikisinin kombinasyonu olarak da karşımıza çıkabilmektedir (**Şekil 3**).



Şekil 3: Maksiller transversal yetmezlikte çift taraflı posterior kapanış.

2.2.2 Maksiller transversal yetmezlik etiyojisi

Maksiller transversal yetmezlik bir çok etiyojik faktörden etkilenen multifaktöriyal bir deformitedir. Bu faktörleri kısaca beş başlık altında toplayabiliriz. Bunlar konjenital ve kalıtsal, gelişimsel, iatrojenik ve travmatik faktörlerdir[5, 35].

Down sendromu, Crouzon sendromu, Hemifasiyal mikrosomia ve dudak damak yarığı gibi sendromlar kalıtsal ve konjenital nedenlerle meydana gelen maksiller darlığa örnek olarak verilebilir. Dudak damaklı yarıklı bireylerde lateral maksiller segmentin, bukkal kasların etkisiyle premaxillaya doğru medial yönde hareketiyle maksillanın daralmasına bağlı olarak kraniofasiyel deformite oluşur. Ayrıca yarık damağın onarımı için yapılan palatoplasti işleminden sonra oluşan skar sokusun şekli ve şiddetine göre maksillanın transversal yöndeki gelişimi etkilenir ve bu da maksiller transversal yetmezliğin iatrojenik nedenlerine örnek olarak verilebilir[35, 36].

Maksillanın formu dil ve yanak arasındaki basınç dengesindeki farklılıklardan oldukça etkilenmektedir. Dört yaşından uzun süren parmak emme alışkanlıklarında bu denge bozularak maksiller darlık meydana gelir. Bu durum deformiteye sebep olan gelişimsel faktörlerin en önemlisi olarak sayılabilir. Yanak basıncı ağız köşelerinde en yüksek seviyededir ve parmak emmede de buksinatör kasın etkisiyle maksiller dişler üzerindeki basınç da artar. Dişler üzerindeki yanak basıncının artmasına karşın dil basıncı palatinal olarak azalır. Şöyle ki; parmak emme de maksiller dişlerin arkasına yerleştirilen parmak, dilin daha aşağıya doğru pozisyonun değiştirerek maksiller posterior dişlere uygulanan palatinal dil basıncının azalmasına neden olur. Böylelikle maksillada V formunda maksiller darlık meydana gelir (**Şekil 4**). Fakat parmak emme alışkanlığı sonlandırıldığında maalesef maksiller deformite düzelmemektedir. Hastaya ortodontik tedavi ve/veya bu tedaviye eşlik eden cerrahi tedavi uygulanmalıdır[5, 35].



Şekil 4: Maksillada parmak emmeye bağlı V formunda daralma.

Ağız solunumu ve obstrüktif üst solunum yolu hastalıkları da maksiller transvers yetmezliğe sebep olan gelişimsel faktörlerdendir. Şöyle ki; ağız solunumunda hava yolunun açık tutulması için dil daha önde ve daha aşağıda konumlanarak medialindeki buksinatör kas etkilerine karşı koyamaz ve bunun maksilla transversal olarak daralarak yine V formunda yani derin ve kubbeli görünümüne dönüşür. Obstrüktif üst solunum yolu problemlerine ve ağız solunumuna neden olan faktörlere hipertorifik tonsilla ve adenoidler başta olmak üzere polipler neoplazmalar, konjenital deformiteler ve yabancı cisimler olarak sayılabilir. Adenoid yüz tipi olarak tanımlanan bu yüz tipinde üst dudak kısalmış ve gözler çökük görünür. Hastalarda dar ve uzun bir yüz tipi görülmekte olup açık kapanış bulunmaktadır[37, 38].

2.2.3 Maksiller transversal yetmezlik tanısı

Maksiller transversal darlığın doğru bir şekilde tedavi edilebilmesi için öncelikte konulan tanının doğru olması gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan teşhis yöntemlerini üç ana başlık altında toplamamız gerekirse bu yöntemler; klinik değerlendirme, model analizi, radyografik ölçümler ve üç boyutlu görüntüleme teknikleri olarak sayılabilir[39].

2.2.3.1 Klinik değerlendirme

Klinik değerlendirmede hasta frontal cepheden muayene edilir. Dikkat edilmesi gereken noktalar maksiller arkın formu ve simetrisi, palatal kubbenin şekli, gülme sırasında gözükken bukkal koridorların genişliği, oklüzyon ve hastada etkin olan solunum tipidir. Maksiller transversal yetmezlikte tipik olarak tek veya çift taraflı çapraz kapanış, bukkale ya da palatinal konumlanan dişler, kubbe şeklinde ve kum saati olarak da adlandırılan derin ve dar palatinal arkın da eşlik ettiği maksiller ark, gülerken görülen karanlık alanlar yani geniş bukkal koridorlar, dişlerde çapralıklık ve burun kanatlarının oldukça dar olması maksiller transversal darlığın temel klinik özellikleridir[35, 39].

Transvers yüz oranlarının değerlendirilmesinde kullanılan Beşler Kuralında yüz beş eşit parçaya ayrılarak yüz simetrisinin değerlendirilir. Bu yöntemde yüz kulak kepçeleri arasında beş eşit parçaya bölünürken her bir parçanın yaklaşık olarak bir göz büyüklüğünde olması istenir. Buna göre ağız köşeleri, göz bebeğinin iç köşeleri

arasındaki mesafe kadar yer kaplarken burun kanatları da gözlerin iç köşeleri arasındaki mesafe kadar yer kaplamalıdır[40].

Transversal yetmezliklerde yumuşak doku değişimleri sagittal ve vertikal yetmezliklere göre daha az olduğundan sadece bu parametreyi kullanmak yetersiz olur. Ayrıca yumuşak dokular maksiller darlığı kamufle de edebilir. Maksiller darlığı izole tip olan hastalar burnun çevresinde çukur görüntü ve ve alar tabanda görülen daralma ve ve nasolabial katlantıdaki derinleşme ile ayırt edilebilir[39, 41].

Maksiller darlığın en belirgin özellikleri ise gülerken gözlenen bukkal koridorların genişliği ve burun kanatları arasındaki mesafenin az olmasıdır.

Çapraz kapanışı olan yetişkin hastalarda bu sorunun dişsel ya da iskeletsel kaynaklı olduğunun ayırımı yapılması tedavi şekline karar verilmesinde büyük önem taşımaktadır. Dişsel çapraşıklıkların sadece ortodontik tedaviyle düzeltilmesi mümkünken, iskeletsel çapralıklıklarda cerrahi seçeneklerde göz önünde bulundurulmalıdır[35]. Bu ayırımı yapılmasında bazı araştırmacılara göre (Jacobs et al) eğer çapraz kapanış bir veya genellikle ikiden fazla dişi kapsarsa iskeletsel bir deformitenin olduğunu göstermektedir[42].

İskeletsel çapraz kapanış maksiller transversal yetmezliğin şiddetine bağlı olarak unilateral ya da bilateral olabilir. V şeklindeki veya kum saati görünümündeki oklüzyon maksiller transversal darlığın ilk göstergeleridir ve unilateral taraflı çapraz iskeletsel kapanışlar daha az gözlenirken bilateral çapraz kapanışlar şiddetli iskeletsel transversal maksiller yetmezliği göstermekle beraber daha sık gözlenir. Deformitenin iskeletsel ve dental etmenlerinin ayırt edilmesi ve deformitenin şiddetinin belirlenmesinin cerrahi operasyondan önce yapılması büyük önem taşır[35].

İskeletsel çapraz kapanış maksilla ve mandibula arasındaki transversal uyumsuzluktan kaynaklanmaktadır. Bu uyumsuzluk maksillanın dar olduğu fakat mandibulanın normal olduğu vakalarda, maksillanın normal olduğu mandibulanın işe geniş olduğu vakalarda ve maksillanın dar olduğu ve mandibulanın geniş olduğu iskeletsel deformitelerde karşımıza çıkmaktadır[35].

2.2.3.2 Model analizi

Klinik olarak maksiller transversal yetmezlik muayenesi yapılırken objektif olunması gereklidir. Bu nedenle hastadan alınan ölçüler sonucu oluşturulan modellerden

yararlanılır. Bu modeller analiz için gerekli olan ölçümlerin yapılması ve maksiller ark formunun ve şeklinin ayrıntılı olarak incelenmesini sağlar[39].

Maksiller transversal darlıkta hastaya uygulanması gereken ekspansiyon miktarının belirlenmesinde en sık kullanılan analiz yöntemi Howes Model Analizidir. Bu analiz dişler ve dişleri taşıyan kemik yapı arasındaki ilişkilerin transversal olarak incelenmesini sağlar. Bu yöntemle göre apikal kemik kaidesinin genişliği premeolar dişler arasındaki genişliğe eşit ya da daha büyük olmalıdır. Eğer büyükse nüks oranı daha azdır[38].

Klinik değerlendirme ve model analizinde maksiller molar dişler arasındaki mesafenin 36-39 mm olması ve 31 mm'den daha az ise maksiller ekspansiyon endikasyonu olduğu Mcnamara tarafından bildirilmiştir. Mcnamara ya göre maksiller molar dişlerin bukkale devrilmesi maksiller transversal yetmezliği kamufle edip oklüzyonun normal olduğunu düşündürse de Wilson eğrisi bu vakalarda abartılıdır[1].

2.2.3.3 Radyografik değerlendirme

Maksiller transversal yetmezliğin teşhisinde kullanılan yöntemlerden biri de radyografik değerlendirmelerdir. Bu amaçla iki boyutlu ve üç boyutlu görüntüleme yöntemleri ile birlikte oklüzal radyografiler de kullanılmaktadır[43]. Oklüzal radyografilerin gerekliliği konusunda fikir birliği bulunmamaktadır çünkü oklüzal grafiler esas olarak midpalatal sutürün değerlendirilmesinde kullanılmaktadır[44, 45].

Maksiller transversal yetmezliğin değerlendirilmesinde, çeneler arasındaki transversal yöndeki uyumsuzlukların teşhisindeki en güvenilir ve kabul gören radyografi posteroanterior sefalogramlardır (**Şekil 5**) [46]. Fakat özellikle asimetri görülmeyen deformitelerde ,sefalogramlarda kemik markerlarının tam olarak belirlenememesi bu yöntemin teknik sınırlamasını oluşturmaktadır[47, 48].



Şekil 5: Maksiller darlığın posterianterior sefalogram ile değerlendirilmesi.

Ricketts ise daha net ölçümler yapabilmek için belirli noktalar ve ölçümler kullanarak yeni bir sefalometrik değerlendirme yöntemi oluşturmuştur. Belirlediği noktalar ise AG (sağ antegion), GA (sol antegion), JR (sağ jugula), JL (sol jugula), OR (sağ orbitale), OL (sol orbitale) olarak altı tanedir. Yüz hatları, maksillomanibular genişlik arasındaki fark ve maksilla ve mandibula arasındaki transversal ilişki bu noktalar kullanılarak belirlenebilir[49]. Bu analiz yöntemine göre JR ve JL arasındaki mesafe maksiller genişliği verirken AG ve GA arasındaki mesafe de mandibular genişliği vermektedir. Çeneler arasındaki maksillomandibular genişlik farkı ise alınan sefalometrik filmlerde AG-GA arasındaki mesafeden JR-JL arasındaki mesafenin çıkartılmasıyla değerlendirilir. Yetişkin hastalarda eğer bu değer 5 mm den fazla ise ekspansiyon için cerrahi operasyon endikedir. Bu yöntem maksillomandibular uyumsuzluğun belirlenmesinde ve bir taraftan diğer tarafa daha çok yetmezlik veya fazlalık olduğunun belirlenmesinde oldukça fayda sağlamaktadır fakat çeneler arasındaki uyumsuzluğun hangi çeneden kaynaklandığını göstermemesi ve mandibular asimetri varlığında yanlış sonuçlar vermektedir[46].

Maksiller transversal yetmezliğin teşhisinde kullanılan üç boyutlu görüntüleme teknikleri de son dönemlerdeki teknik gelişmeler nedeniyle, kraniyofasiyal bölgedeki yapıların daha net ve ayrıntılı incelenebilmesi sebebiyle oldukça sık kullanılmaya başlanmıştır. Bu amaçla bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans (MRG), konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT), üç boyutlu yüzey görüntüleme,

steriofotogometri (3Dmd) kullanmasıyla daha doğru değerlendirmeler yapılabilmektedir[50, 51].

2.3 Maksiller Transversal Yetmezliğin Tedavisi

Maksiller transversal yetmezlik kaynaklı maksillomandibuler uyumsuzlukları tedavi etmek için kullanılan yöntemleri dört başlık altında toplayabiliriz. Bunlar yavaş ortodontik dentoalveoler genişletme, hızlı ortopedik (iskeletsel) maksiller genişletme, cerrahi destekli hızlı maksiller genişletme (SARPE) ve segmental maksiller osteotomilerdir.

Tedavi tekniklerinin isimlerinden de anlaşılacağı üzere uygulanan tedavi süreleri bu tekniklerin ayırt edici özelliklerinden biridir ve hasta seçiminde büyük önem taşır. Örneğin yavaş ortodontik dentoalveoler genişletmede istenilen diş hareketini sağlamak için gereken tedavi süresi 2-4 ay periodunda değişirken, hızlı ortopedik (iskeletsel) tedavide ise istenilen maksiller genişlemeyi elde etmek için 1-4 hafta aralığında daha kısa bir periyoda gerek vardır. Tedavi seçeneğine karar verirken, maksillanın istenilen miktarda genişletilebilmesinin sağlanması için hastanın iskeletsel gelişimin hangi evrede olduğu büyük önem taşır. Yetişkin hastalarda midpalatal suturun tamamen kapanması sebebiyle hızlı ortopedik maksiller genişletme işleminden istenilen sonuç alınamaz bu nedenle bu vakalarda istenilen maksiller genişletmeyi elde etmek için uygulanması gereken tedaviler cerrahi seçenekler olmalıdır. Bunlar cerrahi destekli hızlı maksiller genişletme veya segmental maksiller osteotomiler teknikleri olarak sayılabilir[35, 52].

2.3.1 Cerrahi destekli hızlı maksiller genişletme

İlk defa 1860 yılında Angell tarafından tanımlanan maksiller transversal yetmezlik, 1961 yılında Haas tarafından geliştirilen ekspansiyon apreyları kullanılarak tedavi edilmeye başlanmış oldu[53]. Midpalatal suturun kapanmadığı, iskeletsel gelişimi devam eden hastalarda bu özel apreyların kullanıldığı iskeletsel ortopedik maksiller genişletme tedavisi ile midpalatal suturda istenilen açılmanın sağlanmasıyla uygun maksiller genişletme yapılmış olur. Fakat bu tekniğin yetişkin hastalarda bazı sınırlamaları vardır. Örneğin yetişkin hastalarda iskeletsel gelişimin tamamlanmasıyla kapanan midpalatal sutur nedeniyle sadece ortopedik aygıtlar kullanılarak yeterli

genişletme sağlamamaz ve tedavi stabilitenin sağlanamaması nedeniyle nüks gözlemlenir. Ayrıca apareylerin palatinal bölgedeki yapıların üzerine uyguladığı yüksek basınç nedeniyle karşılaşılan ülserasyon, iskemi, ağrı ve dişlerin üzerine aparey aracılığıyla iletilen kuvvet sebebiyle, maksiller molar dişlerde dişeti çekilmesi, periodontal sorunlar ve dişlerde rotasyon ve kök rezorpsiyonu gibi ciddi komplikasyonları vardır. Bu nedenle yetişkin hastalarda cerrahi destekli hızlı maksiller genişletme işleminin daha uygun bir tedavi seçeneği olarak karşımıza çıkmaktadır[15, 46, 54, 55].

1938 yılında ilk kez Brown tarafından tanımlanan SARPE başlangıçta sadece midpalatal suturen ayrılması amacıyla kullanılmıştır ve midpalatal suturen transversal yöndeki asıl direnç bölgesi olduğu Timms tarafından yapılan çalışmalarla da o dönem için destekleniş oldu[17]. Fakat daha sonra yapılan çalışmalar gösterdi ki transversal yöndeki genişletmenin optimum olarak sağlaması için osteotomi yapılması gereken tek direnç noktası midpalatal suture değildir. Kennedy yaptığı çalışmalar sonucunda midpalatinal osteotominin lateral osteotomilerle birlikte uygulanması gerektiğini savunmuştur[56]. Shetty ise çalışmalarında yaptığı stres analizleri sonucunda maksilladaki en önemli direnç merkezlerinin midpalatinal suture ek olarak “pteriğo-maksiller bileşke”yi de eklemiştir[57].

Günümüzde maksillanın horizontal ve vertikal olarak genişletilmesi amacıyla bu işleme direnç oluşturucağ direnç bölgelerinin rahatlatılması için tanımlanan 3 adet direnç noktası vardır. Bunlar, pteriğo-maksiller, nazomaksiller ve zigomatikomaksiller direnç noktalarıdır[17].

Cerrahi destekli hızlı maksiller genişletme yani SARPE işleminin avantajlarından bahsetmek gerekirse, ortodontik tedavilerde maksiller darlığın tedavisi için uygulanan kamuflej tedavindeki diş çekimi ihtiyacını ortadan kaldırması, iskeletsel ve dental nüksün büyük oranda önüne geçilip stabilitenin oldukça iyi olması sayılabilir. Bir diğer avantajı da hastalarda estetik kaygıya sebep olan gülme sırasındaki bukkal koridorlardan kaynaklanan karanlık alanların yok edilmesi maksiller genişletme ile birlikte nazal kavitenin de genişlemesiyle obstrüktif solunum problemlerinin önüne geçilmesi sayılabilir[58].

2.3.1.2 Cerrahi destekli hızlı maksiller genişletme endikasyonları

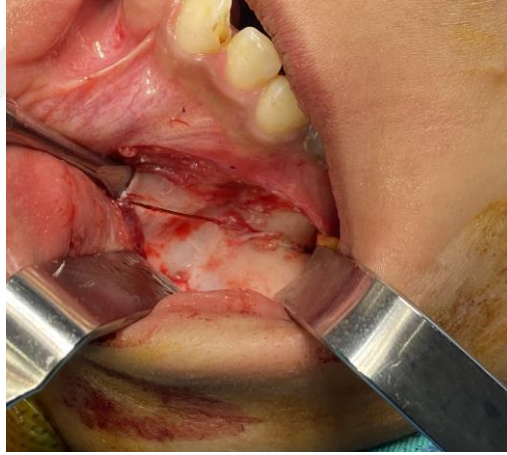
- Maksillomandibuler iskeletsel transversal uyumsuzluğun 5 mm ve üzerinde olduğu vakalarda segmental maksiller osteotomiye alternatif olarak.
- Maksillomandibuler transversal uyumsuzluğun tedavisi için 7 mm den fazla maksiller genişletme gerektiren vakalarda tek tedavi seçeneği SARPE'dir.
- Maksillomandibuler uyumsuzluğun geniş mandibula ve dar maksilla ile birlikte kombine olduğu vakalar
- Ortodontik tedavilerde dar maksilla sebebiyle oluşan dental çapraşıklık, yer kazanılması için diş çekimi yapılması gerekmeden tedavi edilebilmesi
- Gülümseme sırasında siyah alanlar şeklinde görünerek estetik kaygıya sebep olan bukkal koridorların varlığı
- Posterior çapraz kapanışı tedavi etmek için maksiller arkın genişliğinin artırılması istenen vakalar
- Hızlı iskeletsel (ortopedik) maksiller genişletme tekniğinin başarısız olduğu vakalar
- Nazal stenozis görülen vakalar
- Dudak damak yarıklı hastalarda bu deformiteye eşlik eden maksiller hipoplazinin de tedavi edilebilmesi amacıyla
- Ortognatik cerrahi yapılması plananan hastalarda,ostetomi kaynaklı hata oranını en aza indirmek ve operasyon önce maksiller genişlemeyi sağlayarak nüks ve stabilizasyon problemlerinin önüne geçilmesi amacıyla uygulanmaktadır[14, 53, 59].

2.3.1.3 Cerrahi destekli hızlı maksiller genişletme tekniği

Brown tarafından 1938 yılında sadece midpalatal suturun osteotomisi olarak tanımlanan SARPE, daha önceki başlıklarda bahsedildiği gibi yapılan araştırmalar sonucunda gelişerek, aşağıda aşamaları maddeler halinde açıklanan günümüzdeki halini almıştır.

- İnsizyon iki farklı şekilde yapılabilir. Çift taraflı olmak üzere mukogingival bileşkenin 5 mm üzerinden kanin ve maksiller birinci molar diş arasından yapılan insizyon ve bunu takip eden orta hatta midpalatal ostetotomi için yapılması gereken V insizyon ya da Le fort 1 osteotomilerinde olduğu gibi maksiller birinci molar dişler arasında yine mukogingival bileşkenin 5 mm üzerinde olacak şekilde yapılan tek horizontal insizyon olarak yapılabilir.

- Apertura piriformisin yan kenarlarından burun mukozasının serbestleştirilmesi ve ekspansiyon sırasında oluşabilecek septum deviasyonunun engellenmesi için nazal septumun da serbestleştirilmesi
- Apertura piriformisin kenarlarından başlayan ve pterigo-maksiller fissüre kadar diş köklerinin en 5 mm üzerinden olacak şekilde oklüzal düzleme paralel olarak yapılan lateral maksilla osteotomisi (**Şekil 6**)
- Spina nazalis anteriorundan posterior nazal spinaya doğru vertikal olarak uzanan midpalatal sutur osteotomisi ve midpalatal sürurun serbestleştirilerek kontrol edilmesi
- Maksillanın açılmasının simetrisinin değerlendirilmesi (**Şekil 7**)
- Ortodontik ekspansiyon apereyinin 1-1.5 mm ye kadar aktive edilerek açılmanın tekrar kontrol edilmesi (**Şekil 8**)
- Alar tabanı da kavrayacak şekilde yumuşak dokunun kapatılarak ameliyatın sonlandırılması



Şekil 6: Lateral maksilla osteotomisi.



Şekil 7: Maksillanın SARPE sonrası simetrik açılımı.



Şekil 8: Ekspansiyon apereyinin SARPE sonrası kontrolü.

Ameliyatın sonunda ekspansiyon apreyi 1-1.5 mm'lik aktivasyonda bırakılsa da başlangıçta 3-4 mm ye kadar açılır sonrasında gevşetilerek final konumuna getirilir. Palatinal kemiğin lamina perpendikularisi kalın olduğundan işlem posterior bölgedeki genişletmeye karşı oldukça direnç oluşturur. Yapılan kontroller sonucunda eğer yeteri kadar genişletme sağlanamadıysa midpalatinal osteotomi kontrollü bir şekilde arttırılmalıdır. Maksillanın kafa kaidesinden ayrılmasını lateral nazar duvarlar engeller ve transversal açılmaya çok az direnç gösterirler bu nedenle hem maksillanın vertikal pozisyonunu korumak hem de ekspansiyona gösterilen direnç çok düşük olduğundan ayrılmasına gerek yoktur[35, 60].

Cerrahi destekli hızlı maksiller genişletme işlemi asimetric deformitelerde kullanılabilirdi gibi tek taraflı deformitelerde de kullanılabilir. Böyle vakalarda tek tarafı osteotomi yapılarak ekspansiyon yapılmayacak taraftan ankraj alınarak genişletme yapılır[61].

2.3.1.4 Cerrahi destekli hızlı maksiller genişletme apareyleri ve aktivasyon protokolleri

SARPE operasyonundan önce ekspansiyon aygıtlarının ağıza yerleştirilmesi istenir ve sabit apareyler operasyon sırasında ve post-op. dönemde stabilitelelerini koruduklarından daha çok tercih edilmektedir[39].

SARPE maksillanın genişlemesini kolaylaştıracak osteotomiler ve kullanılan ortopedik maksiller ekspansiyon aygıtlarıyla distraksiyon osteogenezinin bir çeşididir[62].

Bu amaçla geliştirilen ilk aparey 1961 yılında Haas tarafından geliştirilmiştir[53]. Bu aparey palatinal bölge ve posterior dişler arasında aktivasyon kuvvetinin dağıtılmasını sağlayan diş ve doku destekli bir aparey olup palatinal bölgedeki akrilik desteği ile Hyrax'tan ayrılır. Bu nedenle Hyrax diş destekli bir aparey olduğundan aktivasyon kuvveti diler aracılığıyla iletilir[39, 63].

Dört ve iki bantlı olmak üzere iki tipi bulunan Hyrax apareyinde ya iki bantlı tipte olduğu gibi her iki tarafta öncelikli olarak maksiller birinci molar dişler bantlanır ya da dört bantlı tipindeki gibi maksiller molar dişlere ek olarak birinci premolar dişler de bantlanır (**Şekil 9**) [39]. Hyrax'ta maksiller ekspansiyon için gerekli olan aktivasyon kuvveti dişler aracılığıyla dağıtıldığından özellikle bantların uygulandığı maksiller birinci molar ve maksiller birinci premolar dişlerde devrilme hareketi görülür ve böylelikle iskeletsel harekete ek olarak ortodontik diş hareketi de gözlenir[64].



Şekil 9: Hyrax maksiller ekspansiyon apareyi.

Haas apareyindeki gibi diş ve doku destekli apareylere örnek olarak; anterior dişlerin palatinal yüzeylerini ve posterior dişlerin palatinal, bukkal ve oklüzal yüzeylerine uygulan akrilik cap splint ya da diğer adıyla rijit akrilik bonded ekspansiyon apareyi örnek olarak verilebilir. Bu apareyin avantajı ise rijit yapısı sebebiyle istenilen iskeletsel hareketin maksimumunda sağlanıp ortodontik diş hareketini minimuma indirmesidir[65, 66].

Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Ana Bilim Dalı ve Ortodonti Ana Bilim Dalı tarafından gerçekleştirilen SARPE operasyonlarında çoğunlukla Hyrax apareyi ve Akrilik Cap Splint apareyi kullanılmaktadır (**Şekil 10**).



Şekil 10: Akrilik cap splint.

Bu apareylere ek olarak kemik destekli ekspansiyon apreylere de bulunmaktadır fakat yerleştirilmesi ve işlem sonrası çıkartılmasında yaşanan dezavantajları bulunmaktadır. Bunlara ek olarak Transpalatal Distraktör örnek olarak verilebilir. Yapılan çalışmalarda diş ve kemik destekli aygıtların stabilitesi değerlendirilmiştir fakat birbirlerine belirgin bir üstünlüklerinin olmadığı gösterilmiştir [67, 68].

SARPE operasyonundaki osteotomi işleminden sonra distraksiyon fazına kadar beklenmesi gereken döneme Latent dönem denir. Bu araştırmacılara göre 0-14 gün arasında değişmektedir ve ortalama olarak 5 gün beklenmektedir. Bu süre içerisinde kallus oluşumu için beklenirken konsolidasyon oluşmaması için dikkat edilmelidir çünkü 4 hafta içerisinde ekspansiyona başlanmadığı durumlarda kemik oluşumu başladığından ekspansiyon yapılamaz.

Latent dönem sonrasında aygıtlar aracılığıyla 0-5-1 mm arasında genişletme yapılır. Bu sırada hasta az da olsa ağrı hissedebilir. Eğer apareyi aktive ederken hasta şiddetli bir ağrı hissediyorsa bunun sebebi genişlemeye engel olan kemik temaslar ve maksillanın mobilasyonunun yeterli olmaması ya da aygıtın istenildiği gibi çalışmaması sebebi olabilir. Hasta işlem sırasında orbitanın posterior bölgesinde de ağrı hissedebilir bunun sebebi ise lateral nazal duvarlara osteotomi yapılmaması sebebiyle frontonazal sutur çevresi ve palatinal bölgedeki ekspansiyona karşı oluşan dirençtir[35, 60].

2.3.1.5 Cerrahi destekli hızlı maksiller genişletme komplikasyonları

Cerrahi destekli hızlı maksiller genişletme işlemindeki komplikasyonları intra-operatif ve post-operatif olmak üzere iki başlık altında toplayabiliriz. İntraoperatif komplikasyonlar diğer ortognatik cerrahi işlemleriyle karşılaştırıldığında daha düşük morbiditeye sahip olsa da Le Fort-I operasyonu ile benzer komplikasyonlarla karşılaşılabilir. İşlem sırasında lateral nazal osteotomiler sırasında ve pterigoid osteotomin uygun şekilde yerleştirmemesi sebebiyle karşılaşılan en önemli komplikasyon kanamadır. Bu komplikasyonun önüne geçmek için bölgedeki anatomik oluşumlar çok iyi bilinmelidir. Pterigoid osteotom yerleştirilirken ve kullanılırken maksiller arterin pterigo-maksiller bileşkenin 25 mm üzerinden geçtiği daima göz önünde bulundurulmalıdır[69-71]. Bu komplikasyonu en aza indirmek için Turvey 10 mm lik osteomlar kullanılması gerekliliğini savunmaktadır[71].

Kanamaya neden olan bir diğer faktör de kanlanması oldukça iyi olan nazal mukozanın midpalatal osteomi sırasında zarar görüp kanamasıdır.

Pterigo-maksiller bölgeyle ilgili diğer komplikasyonlar ise pterigoid plakların ayrılmadığı vakalarda sfenoid sinusun tavanının ve tabanının kırılması sebebiyle yaşanan görme kaybı ve pterigo-maksiller osteomiler sonrası çift taraflı lingual sinir parestezisinin gerçekleşmesidir[69, 72]. Pterigoid plakların ayrıldığı vakalarda ise bu bölgedeki maksiller arterin terminal dalları ve pterigoid ven pleksusu kanamaya sebebiyet veren önemli anatomik oluşumlardır[46].

Maksiller osteomilerin yetersiz kaldığı ve maksillanın istenilen şekilde mobilize edilemediği vakalarda post operatif ağrı ve dişlerde istenmeyen yer değişiklikleri, periodontal problemler ve iskeletsel olarak da maksillada asimetric genişleme görülebilir[68, 70]. Ayrıca maksiller osteotomiler yetersiz yapıldığında ekspansiyon aparatlarının yerleştirildiği mukozada uygulanan basıncın artması sebebiyle nekroz meydana gelebilir.

Post-operatif olarak ortaya çıkan komplikasyonlardan bir diğeri ise dişlerde meydana gelen vitalite kaybıdır. Bunu elimine etmek için horizontal osteotomiler diş köklerinin 5 mm üzerinden yapılmalıdır. Ayrıca işlem sırasında ve operasyondaki ekartasyonlar sırasında maksiller sinirin dallarının hasar görmesi ile dudakta ve infraorbital bölgede (n. infraorbitalis) duyu kaybı yaşanabilmektedir[70].

Bütün bu komplikasyonların dışında ekspansiyon apareylerinin neden olduğu komplikasyonlar da bulunmaktadır. Bunlar apareyin istenilen miktarda ekspansiyon gerçekleştirememesi ve işlem sırasında deforme olması, gevşemesi ve yerinden çıkarak stabilizasyonunun bozulmasıdır.

2.4 Sonlu Elemanlar Analizi

Sonlu elemanlar yöntemi ya da sonlu elemanlar analizi (SEA), özellikle iki veya üç boyutlu kısmi diferansiyel denklemleri ve sınır değer problemlerinin çözümünde kullanılan bir sayısal analiz yöntemi olup, bir sistemin sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmesi sonlu elemanlar analizi olarak adlandırılmaktadır. Literatürde ilk kez 1956 yılındaki Turner'ın çalışmasıyla karşımıza çıkan metodun matematiksel temelleri 1967 yılında Zienkiewicz tarafından yayınlanan "Yapısal ve Süreçsel Mekaniklerde Sonlu Elemanlar Analizi" adlı kitapta açıklanmıştır[73].

Günümüzde sonlu elemanlar yöntemiyle, karmaşık yapılarda olsalar bile özellikle ortopedik cerrahi, travmatoloji ve diş hekimliğinde kullanılan aygıtların, apareylerin ve materyellerin biyomekanikleri çeşitli koşullarda değerlendirilerek bilgi sahibi olunabilmesi sağlanmıştır.

Sonlu elemanlar analizi, klinik olarak incelenmesi mümkün olmayan ve deneysel olarak değerlendirilemeyen biyomekanik problemlerin ortaya konulup çözülmesinde büyük fayda sağlamaktadır[74].

SEA'nın avantajlarından bahsetmek gerekirse, etik nedenlerden ötürü klinik olarak yapılamayan çalışmaların girişimsel bir teknik olmaması ve değerlendirilmenin tekrar tekrar yapılabilmesi ilk sırada sayılabilir. Karmaşık geometriye sahip cisimlerin ve anatomik oluşumların, bağlantı noktalarının fazlalığından ya da yapısal farklarından etkilenmeksizin rahatça incelenip analiz edilmesi bir diğer önemli avantajıdır. Ayrıca hazırlanan modellerin malzeme özellikleri analiz sırasında değiştirilebildiği gibi sınır şartları da değiştirilerek istenilen sayıda analiz yapılması mümkündür ve sebep-sonuç ilişkisinin formüle edilebilmesine de olanak sağlar[75, 76].

SEA'nın dezavantajlarından bahsetmek gerekirse diş ve dişi destekleyen yapıların biyomekaniklerinin tam olarak simüle edilememesi ayrıca analizlerin yapılabilmesi için kullanılan yazılımların sürekli güncellenmesinin yol açtığı maliyet sayılabilir. Ayrıca

incelenen yapıların ya da materyallerin sisteme doğru şekilde aktarılamaması yanlış ya da gerçeği yansıtmayan sonuçların elde edilmesine sebep olabilir[75, 77].

2.4.1 Sonlu elemanlar analizindeki temel kavramlar

Birim alana etki eden kuvvet miktarının katı mekaniğindeki tanımı “gerilim”dir[78]. Kuvvet/Alan olarak formüle edilir ve uluslararası birimi N/m^2 (Pascal) olsa da Psi (pound per square inc) de kullanılmaktadır. Gerilim üç farklı tipte ortaya çıkabilir. Bunlar; çekme gerilimi (tensile stress), sıkışma gerilimi (compressive stress) ve makaslama gerilimi (shear stress) olarak adlandırılır.

Materyalin yüzeyine dik olarak gelen ve materyali uzatacak kuvvetlerin neden olduğu bozulmaya karşı meydana gelen gerilim “Çekme Gerilimi” dir. Materyale yine dik olarak gelen ama çekme gerilimdeki kuvvetlerin aksine materyali sıkıştırmak amacıyla uygulanan kuvvetler sonucu oluşan gerilim “Sıkışma Gerilimi”dir. Son olarak materyalin farkı iki yüzeyinin birbirlerine ters ama paralel şekilde kaymalarını sağlayan kuvvetler sonucu meydana gelen gerilim “Makaslama Gerilimi” olarak adlandırılır. Bu üç tip gerilmenin materyallerde birarada olduğu durumlar ise “Bileşik Gerilme Durumu” olarak adlandırılır.

Yukarda anlatılan makaslama geriliminin sıfırlandığı durumlarda üç boyutlu elemanların asal gerilim (principle stress) değerleri sağlanmış olur ve bu şartlardaki sıkışma gerilmeleri minimum asal gerilim, çekme gerilmeleri ise maksimum asal gerilim şeklinde adlandırılır.

Bir materyalin kuvvet uygulandığında , başlangıçtaki haline göre ne kadar değiştiğini gösteren kavram “Gerinim” olarak isimlendirilir[78]. Uzunluktaki değişimin başlangıç uzunluğuna bölünmesi olarak formüle edilir.

Materyalin uğradığı deformasyon eğer üzerine uygulanan kuvvet ortadan kaldırıldığında başlangıç haline dönebiliyor ise “Elastik Deformasyon” olarak tanımlanır fakat elastik sınır aşıлып başlangıç haline dönemiyor ise yani kalıcı bir deformasyon mevcutsa bu da “Plastik Deformasyon” olarak isimlendirilir[76].

Materyallerde oluşan gerilim ile gerinim arasındaki oran bize Esneklik katsayısı (Young Modülü) denilen bir diğer bir temel mekanik kavramı verir. Thomas Young’un konuyla ilgili yaptığı çalışmaları sebebiyle “Young Modülü” olarak da isimlendirilir[76].

Konuyla ilgili bilinmesi gereken diğere kavram ise Poisson oranıdır. Bundan kısaca bahsetmek gerekirse bir materyal üzerindeki enine daralmanın boyuna uzamaya oranı olarak açıklanabilir[78]. Lastiğın çekildiğinde eninin daralmasına karşın boyunun uzaması bunun en temel örneğidir. Bütün maddelerde bu oran 0 ile 0,5 arasında yer alır. Poisson oranı düşük olduğunda materyal daha fazla potansiyel enerji depolama kapasitesine sahip olur.

Materyallerdeki şekil değıştirmenin başlangıcı olarak açıklanan “Von Mises Gerilimi” ise materyallerin üzerinde oluşan stres dağılımları ve yoğunluğu hakkında bilgi edinilebilmesini sağlayan bir kavramdır. Bu kavramda farklı gerilmelerin ortalamaları değıerlendirildiğinden çekme ve sıkışma gerilmelerinin değıerlendirilmesi mümkün değıildir[79].

2.4.2 Sonlu elemanlar analizindeki stres analiz yöntemleri

SEA sanal ortamda oluşturulan herhangi bir tasarımın modelinin gerilimler altındaki davranışını analiz edebilmek için kullanılan bir yöntemdir. Başka bir deyişle herhangi bir materyalin çeşitli fiziksel etkiler altında nasıl davranış göstereceğini bilgisayar ortamında değıerlendirilmesini sağlar. SEA bir malzemenin tüm geometrisine ve bütün yapısal özelliklerini ilişkin verilerin programlanmasıyla oluşturulur. Daha sonra incelenecek olan materyal istenen boyuttaki hücrelere bölünerek bir ağı sistemi oluşturulur. Böylece incelenen materyalin hangi noktasında çeşitli gerilimler altında ne tür bir fiziksel etki olacağı bilgisayar ortamında gözlemlenebilir.

Oluşturulan hücrelerin sayısının artması ve boyutlarının küçülmesi alınacak sonucun doğruluğunu arttıracaktır. Örneğın bir daire alanı hesaplanırken kullanılan nokta sayısı ne kadar artırılırsa gerçek alana o kadar yakın bir hesaplama yapılmış olur[77, 80].

2.4.3 Sonlu elemanlar analiz yönteminin aşamaları

1. Üç boyutlu modellerin sanal ortamda oluşturulması (Preprocessing)

MRG ve BT görüntüleri veya üç boyutlu tarayıcı kullanılarak elde edilen verilerle sanal ortamda materyalin modellenmesi yapılır. Bunun üzerine matematiksel model olarak isimlendirilen bir önceki başlıkta açıklanan hücre yapısı oluşturulur.

2. Verilerin Programa Aktarılması (Analiz)

Sınır koşullarını doğru şekilde ayarlanması analizin en önemli bölümünü oluşturur. Materyalin hangi noktalardan sabitleneceği ve kuvvetlerin materyale hangi noktalardan etki edeceği ilk olarak belirlenmelidir. Materyal üzerinde bir gerilim oluşabilmesi için materyalin uzayda birkaç noktadan sabit konumda olması gerekir. Uygulanacak kuvvetin açısının, yönünün ve şiddetinin belirlenmiş olması gerekir. Modelleri hazırlarken kemik gibi anatomik yapıları ve diş dokuları ayrıca implant, vida, protez gibi materyallerin bütün mekanik özellikleri sisteme ayrıntılı olarak yüklenmelidir. Bu aşamada verilerin sisteme aktarılırken hata yapılamaması çalışmanın doğruluğunu ve geçerliliğini belirleyen en önemli faktördür.

3. Analizin Çözümlemesi (Postprocessing)

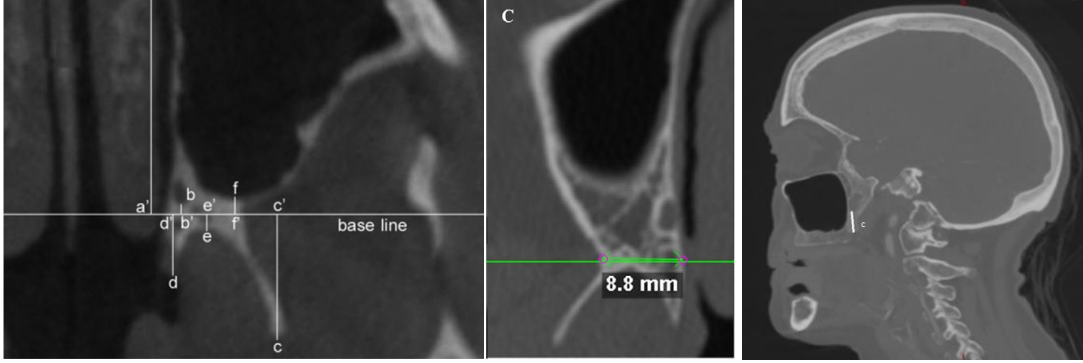
Materyalin mekanik özellikleri analiz yapılacak verilerin seçilmesinde dikkat edilmesi gereken noktalardandır. Kemik gibi kırılğan yapıların incelenmesinde asal gerilim değerleri kullanılmaktadır. Esneyebilen materyallerde ise Von Misses stres değerleriyle plastik deformasyonun analizi yapılabilmektedir. Modeldeki çekme tipi gerilim ile maksimum asal gerilim, modeldeki sıkışma tipi gerilim ise minimum asal gerilimi ifade etmektedir Von Misses stres değerleriyle materyalin bütününde ya da belirli bir yüzeyinde oluşan gerilim belirlenebilir. Materyalin şeklinin kalıcı olarak bozulup bozulmayacağını da kontrol edilebilir[75, 81].

3.GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Popülasyondaki Pterigo-maksiller Bileşke Morfolojisinin Değerlendirilmesi

Sonlu eleman modellemesi yapılmadan önce pterigo-maksiller bileşkenin popülasyondaki morfolojik karakteristiğinin belirlenmesi amacıyla fakültemiz radyoloji arşivinde var olan 18-30 yaş aralığında 240 genç erişkin hastalaya ait 4 Ocak 2016 ve 25 Eylül 2020 tarihleri arasında çekilmiş, maksilla tomografilerinden ölçümler yapılmıştır.

Kalınlık ve genişlik ölçümlerinin standardizasyonu için kalınlık ve genişlik ölçümleri nazal tabanın 3 mm üzerindeki aksiyal kesit üzerinden yapılmıştır. Pterigo-maksiller fissürün en konkav noktasına paralel çizgi temel çizgiyi oluşturmuştur. Maksiller sinüsün en posteriorundan bu çizgiye olan mesafe ($f-f'$) ve pterigo-maksiller fossanın en konkav noktasından bu çizgiye olan mesafe ($e-e'$) toplanarak pterigo-maksiller bileşkenin horizontal yöndeki genişliği hesaplanmıştır (**Şekil 11a**). Lateral ve medial pterigoid kemiklerin maksilla ile birleştiği noktalar arasındaki en dar mesafe ise pterigo-maksiller bileşkenin kalınlığı olarak kaydedilmiştir (**Şekil 11b**). Pterigo-maksiller bileşkenin yüksekliği ise parasagittal kesitler üzerinden değerlendirilmiştir. Parasagittal kesitlerden pterigo-maksiller bileşkenin en yüksek olduğu kesitte pterigo-maksiller bileşkenin en üst noktası ile en alt noktası arasındaki mesafe ölçülmüştür (**Şekil 11c**)[24].



Şekil 11a

Şekil 11b

Şekil 11c

Şekil 11a: Pterigomaksiller bileşkenin horizontal yöndeki genişliğinin ölçümü.

Şekil 11b: Pterigomaksiller bileşkenin kalınlığının ölçümü .

Şekil 11c:Pterigomaksiller bileşkenin uzunluğunun ölçümü. [24]

İncelenmesi gereken tomografi sayısının belirlenmesi amacıyla 20 adet tomografide yukarıdaki ölçümler yapılmış ve bu veriler kullanılarak güç analizi yapılmıştır. Buna göre %95 güven düzeyinde %80 güç (AUC=0.70) sağlanabilmesi için minimum 240 tomografinin incelenmesinin gerekli olduğu tespit edilmiştir. Bu incelemeyi takiben elde edilen boyutsal değerler “IBM SPSS Statistics 22.0” paket programıyla analiz edilmiştir. Her boyuttaki değerlerin popülasyon içerisindeki 1. çeyrek, median ve 3. çeyrek değerleri sırasıyla ilgili boyutun düşük, orta ve yüksek değerleri olarak kabul edilmiştir. Üç boyutta da bu analizler yapılarak her boyut için ilgili değerler belirlenmiştir.

Sonlu elemanlar analizinin gerçekleştirilmesi için takip edilen aşamalar:

- 1- Üç boyutlu modellerin elde edilmesi,
- 2- Ağ yapısının oluşturulması,
- 3- Eleman ve düğüm noktalarının belirlenmesi
- 4- Sınır koşullarının belirlenmesi,
- 5- Analizin yapılması,
- 6- Analizlerin çözümlenmesidir.

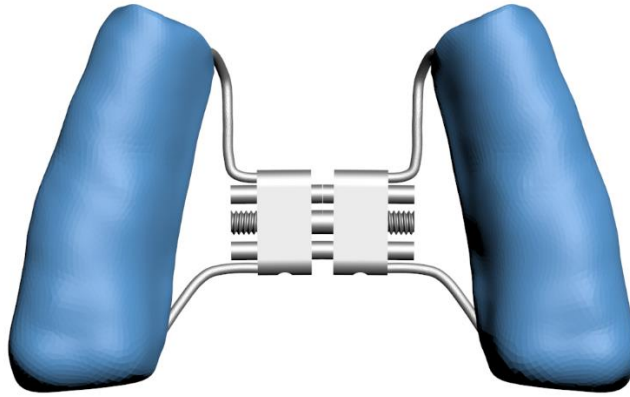
Üç boyutlu ağ yapısının düzenlenmesi ve matematiksel anlamda uygun katı ağ yapısına dönüştürülmesi, üç boyutlu sonlu elemanlar analizi modellerinin

oluşturulması ve sonlu elemanlar stres analizi işlemi; 2.40 GHz saat hızında INTEL Xeon E-2286 işlemcili, 64 GB ECC belleğe sahip HP iş istasyonlarında gerçekleştirilmiştir.

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

3.1.1 RPE apareyinin modellenmesi

Çalışmada kullanılan RPE Apareyi ALTAIR Evolve yazılımında serbest modelleme yöntemi kullanılarak modellenmiştir. Apareyin metal kısımları paslanmaz çelik, apareyin dişler üzerinde kalan kısımları akrilik olarak simüle edilmiştir (**Şekil 12**) [82].



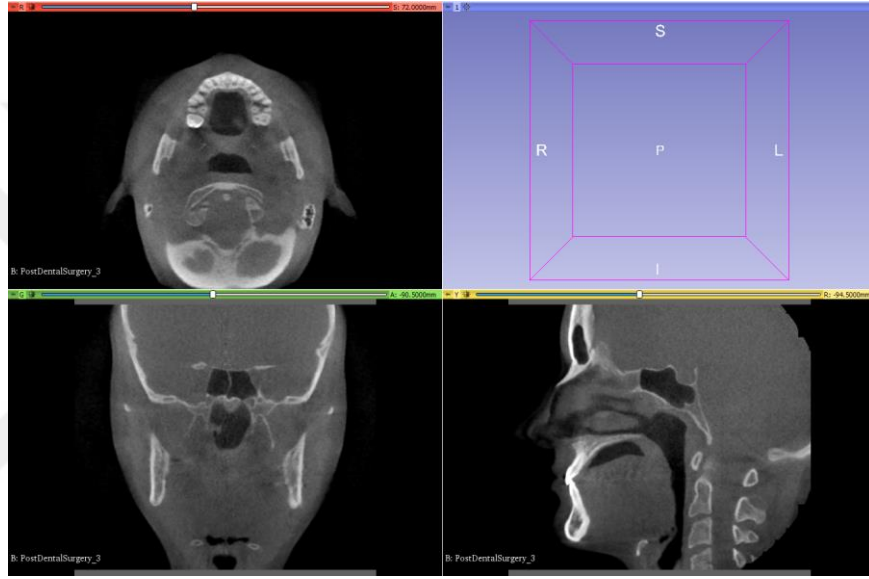
Şekil 12: RPE Apareyinin modellenmesi.

3.1.2 Kortikal & Trabeküler kemik, periodontal ligament ve dişlerin modellenmesi

Çalışmada kullanılan maksilla kemik modelinin oluşturulması için; Tinus Technologies kütüphanesinde bulunan genç erişkin bir bireyin tomografisi kullanılmıştır. Tomografi verisi 0.2 mm kesit kalınlığı ile rekonstrükte edilmiştir

(Şekil 13). Rekonstrüksiyon sonucunda elde edilen tomografi verileri DICOM (.dcm) formatında 3DSlicer yazılımına aktarılmıştır.

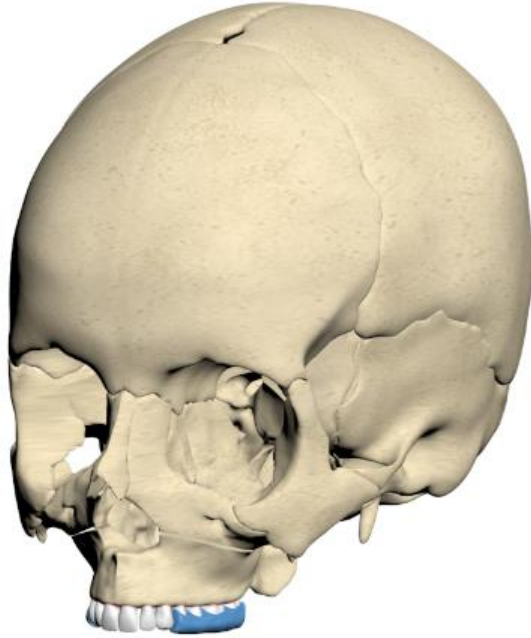
DICOM formatındaki CT verisi 3DSlicer yazılımında uygun Hounsfield değerlerine göre ayrıştırılarak, segmentasyon işlemi ile; kortikal kemik, trabeküler kemik ve dişleri üç boyutlu modelleri elde edilmiştir. Model .stl formatında dışa aktarılmıştır (Şekil 14).



Şekil 13: Kortikal ve trabeküler kemik, periodontal ligament ve dişlerin modellenmesi ve .stl formatında aktarılması.

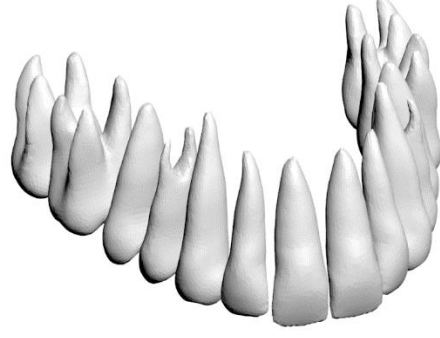


Şekil 14a: Modelin .stl formatında dışarı aktarılması.

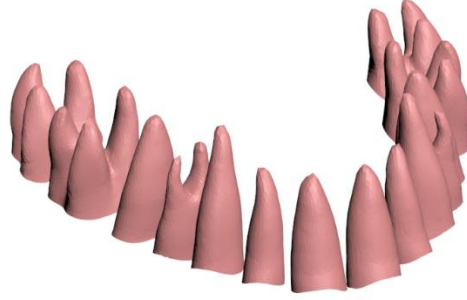


Şekil 14b: Modelin .stl formatında dışarı aktarılması ve $\frac{3}{4}$ Lateral görünümü.

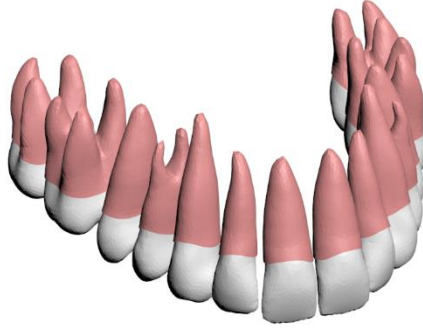
Üç boyutlu model ALTAIR Evolve yazılımına aktarılmıştır. Dişlerin dış yüzeyleri referans alınarak uygun kalınlıkta periodontal ligamentler modellenmiştir (Şekil 15).



Şekil 15a: Dişlerin dış yüzeyleri referans alınarak uygun kalınlıkta periodontal ligamentler modellenmesi.

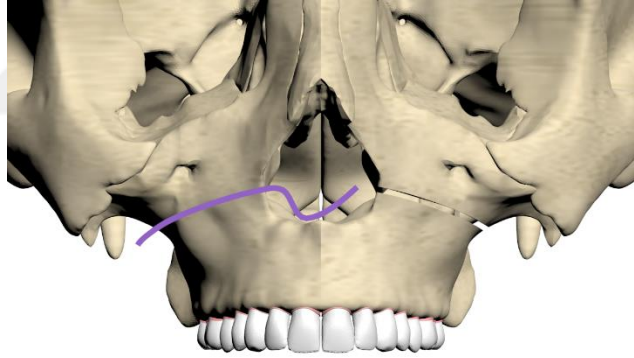


Şekil 15b: Dişlerin dış yüzeyleri referans alınarak uygun kalınlıkta periodontal ligamentler modellenmesi.



Şekil 15c: Dişlerin dış yüzeyleri referans alınarak uygun kalınlıkta periodontal ligamentler modellenmesi.

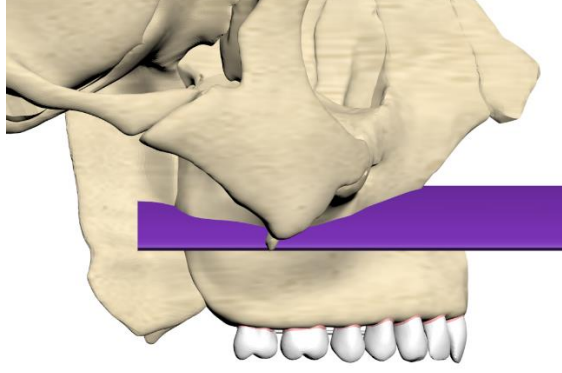
SARPE işleminin sonlu elemanlar analiziyle modellenmesi amacıyla bilateral olarak apertura priformisten tuber maksillanın posterioruna ve midpalatal sutura 1mm'lik osteotomiler oluşturulmuştur (**Şekil 16**)[83].



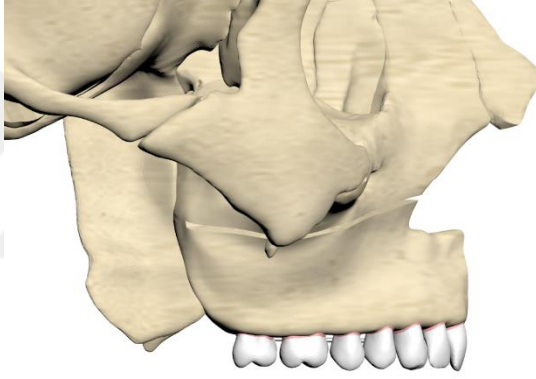
Şekil 16a: SARPE işleminin modellenmesi.



Şekil 16b: SARPE işleminin modellenmesi ve apertura priformisten tuber maksillanın posterioruna ve midpalatal sutura 1mm'lik osteotomiler oluşturulması.



Şekil 16c: SARPE işleminin modellenmesi ve apertura priformisten tuber maksillanın posterioruna ve midpalatal sutura 1mm'lik osteotomiler oluşturulması.



Şekil 16d: SARPE işleminin modellenmesi ve apertura priformisten tuber maksillanın posterioruna ve midpalatal sutura 1mm'lik osteotomiler oluşturulması.

Elde edilen modelin pterigo-maksiller bileşkesi bilateral olarak, ölçülen popülasyon değerlerine uygun olacak şekilde 7 adet maksilla modellenmiştir.

Model 1: PMB'nin düşük genişlik, ortalama kalınlık, ortalama yükseklik değerleri ile modellenmiş versiyonu

Model 2: PMB'nin yüksek genişlik, ortalama kalınlık, ortalama yükseklik değerleri ile modellenmiş versiyonu

Model 3: PMB'nin ortalama genişlik, düşük kalınlık, ortalama yükseklik değerleri ile modellenmiş versiyonu

Model 4: PMB'nin ortalama genişlik, yüksek kalınlık, ortalama yükseklik değerleri ile modellenmiş versiyonu

Model 5: PMB'nin ortalama genişlik, ortalama kalınlık, düşük yükseklik değerleri ile modellenmiş versiyonu

Model 6: PMB'nin ortalama genişlik, ortalama kalınlık, yüksek yükseklik değerleri ile modellenmiş versiyonu

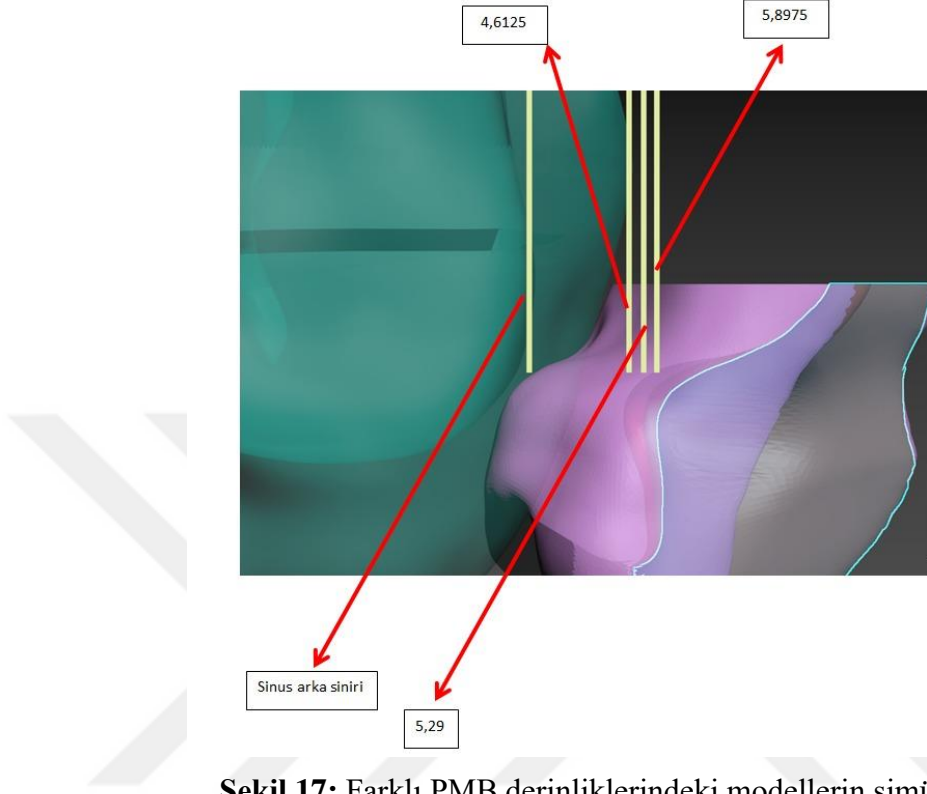
Model 7: PMB'nin ortalama genişlik, ortalama kalınlık, ortalama yükseklik değerleri ile modellenmiş versiyonu

Modeller tomografi verisinde elde edilen PMB derinlik, kalınlık ve uzunluk değerlerinin düşük, yüksek ve ortalama değerleri kullanılarak elde edilmiştir (**Tablo 1**).

	Derinlik (mm)	Kalınlık (mm)	Uzunluk (mm)
01	4,6125	8,73	20,75
02	5,8975	8,73	20,75
03	5,29	7.885	20,75
04	5,29	9,78	20,75
05	5,29	8,73	19,6975
06	5,29	8,73	22,03
07	5,29	8,73	20,75

Tablo 1: Ölçülen PMB popülasyon değerlerine uygun olarak hazırlanan 7 adet maksilla modeli.

Hazırlanan tüm modeller ALTAIR Evolve yazılımında 3 boyutlu uzayda doğru koordinatlara yerleştirilip modelleme işlemi tamamlanmıştır (**Şekil 17**).



Şekil 17: Farklı PMB derinliklerindeki modellerin simülasyonu.

3.1.3 Matematiksel modellerin elde edilmesi

Matematiksel modeller, geometrik modellerin mesh adı verilen basit ve küçük parçalara bölünmesiyle oluşmaktadır. ALTAIR Evolve yazılımında modelleme işlemi tamamlandıktan sonra modeller ALTAIR Hypermesh yazılımıyla matematiksel olarak oluşturulup analize hazır hale getirilmiştir. Analizlerin yapılabilmesi için, ALTAIR Hypermesh yazılımında hazırlanan modeller .fem formatında ALTAIR Optistruct analiz programına aktarılmıştır.

Oluşturulan yedi analiz modeli için toplam düğüm ve eleman sayısı bilgileri aşağıdaki tabloda paylaşılmıştır (**Tablo 2**).

	01	02	03	04	05	06	07
Total # of Nodes	2463428	2435694	2449552	2467030	2468470	2469781	2469688
Total # of Elements	10029318	9911167	9970118	10042524	100501183	10056470	10057741

Tablo 2: Oluşturulan yedi analiz modeli için toplam düğüm ve eleman sayısı.

3.1.4 Malzeme tanımları

Analizlerde elastik modül ve poisson oranı verilen malzemelerin doğrusal (lineer) malzeme özellikleri kullanılmıştır. Analizi yapılan modelin malzeme özellikleri sayısal olarak tanımlanmıştır (**Tablo 3**) [82, 84].

Malzeme	Elastik Modül [MPa]	Poisson Oranı
Kortikal Kemik	13700	0.3
Spongioz Kemik	1370	0.3
Diş	20700	0.3
PDL	0.7	0.49
Akrilik	2000	0.3
Paslanmaz Çelik	200000	0.33

Tablo 3: Malzeme özellikleri.

3.1.5 Yükleme senaryoları ve sınır koşulları

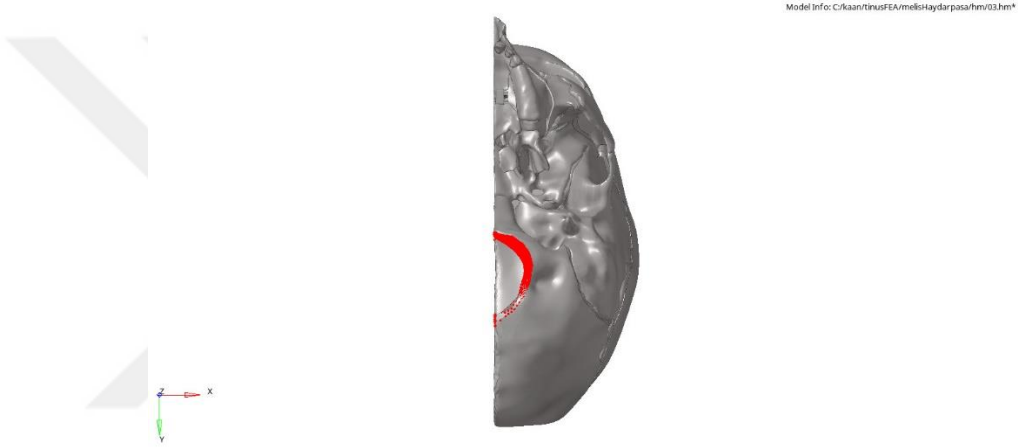
Oluşturulan matematiksel modellerde analizlerin yapılabilmesi ve doğru sonuçların elde edilebilmesi için, modeli oluşturan parçaların birbirleriyle olan yüzey ilişkilerinin analiz programında tanımlanması gerekmektedir. Kortikal – trabeküler kemik, kemik–periodontal ligament-diş, diş–RPE aпараты temas bölgelerinde FREEZE tipi kontak tanımı gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşım parçaların hareketi esnasında tam korelasyon ile hareket ettiği varsayımına dayanmaktadır.

Belirtilen PMB modelleri için toplamda yedi analiz lineer olarak çözdürülmüştür.

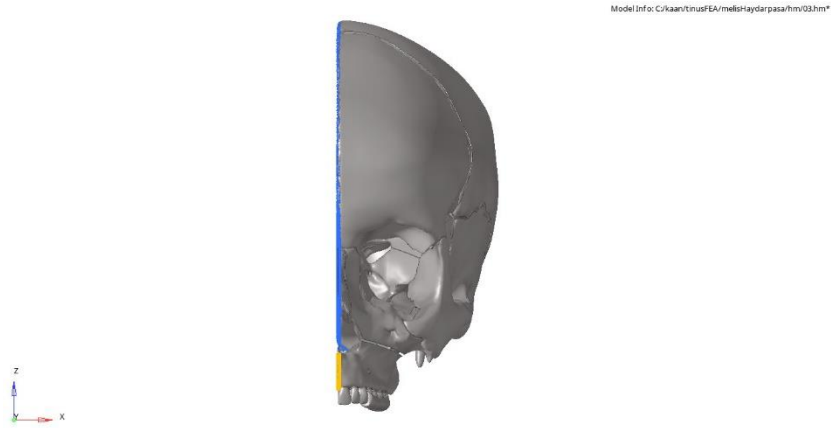
Kırmızı renk ile gösterilen sınır koşulu; Modeller foramen magnum etrafında bulunan düğüm noktalarından her üç eksendeki hareketi engellenecek şekilde tüm serbestlik dereceleri kısıtlanarak sabitlenmiştir (**Şekil 18a**).

Mavi renk ile gösterilen sınır koşulu; X eksenini normalinde, Y-Z düzlemine göre simetrik olacak şekilde sınır koşulu uygulanmıştır.

Turuncu renk ile gösterilen sınır koşulu; Sadece Y eksenindeki hareketi engellemek amacıyla uygulanmıştır



Şekil 18a: Kırmızı renk ile gösterilen sınır koşulu.



Şekil 18b: Mavi renk ile gösterilen sınır koşulu.

Tüm modellerde, RPE apareyleri üzerinden 1 mm yer değiştirmeyi simüle eden aktivasyon kuvveti uygulanmıştır. Analiz senaryoları genç erişkin bireylerin farklı PMB geometrileri için ayrı ayrı yapılmıştır.

3.1.6 Analizlerin yapılması

Modeller analiz edilerek belirli noktalarda oluşan yer değiştirme ve stresler değerlendirilmiştir. Yer değiştirme (**şekil 19a**) ve stresin (**şekil 19b, 19c**) analizinde kullanılan noktalar aşağıdaki şekiller üzerinde gösterilmiştir.

1- Yer değiştirmenin değerlendirildiği noktalar:

Alveol kemik kenarı

Midpalatal sütur

Santral keser

Kanin kusp tepesi

Birinci kkzadı

Birinci azı

2- Maksillofasiyal bölgede oluşan streslerin değerlendirildiği noktalar:

Pterigo-maksiller bileşke

Zigomatikomaksiller sutur

Frontozigomatik sutur

Zigomatik ark

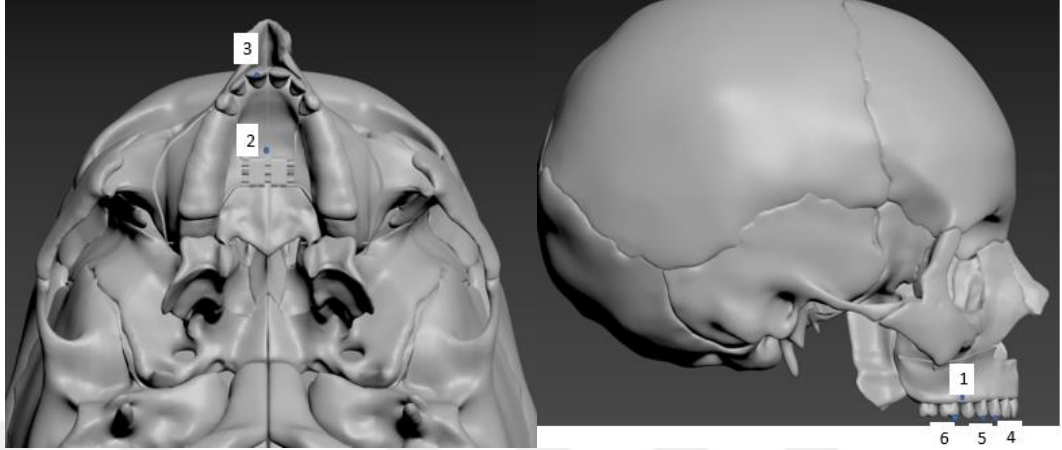
Pterigoid hamulus

Medial pterigoid plate

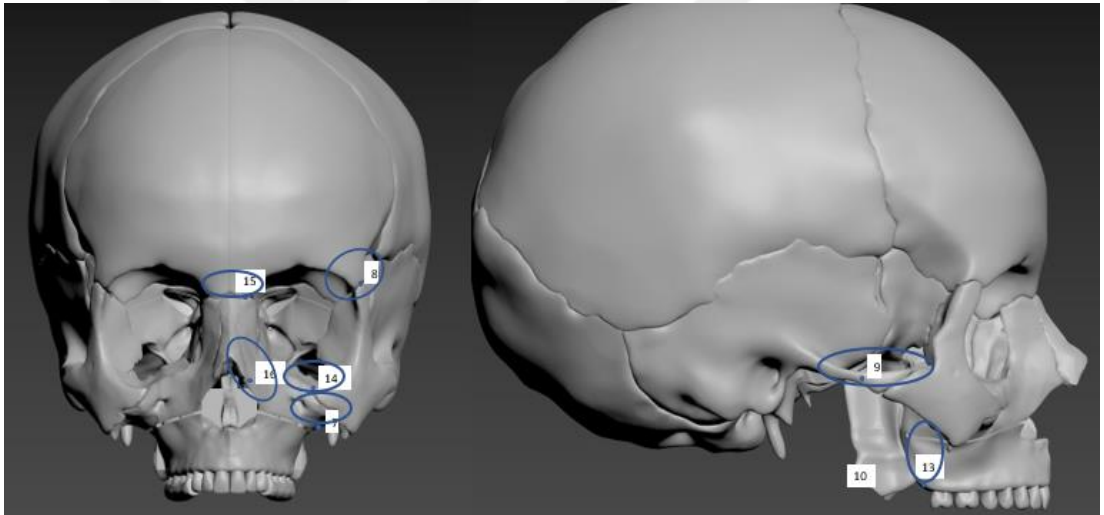
Lateral pterigoid plate

Maksiller tuber

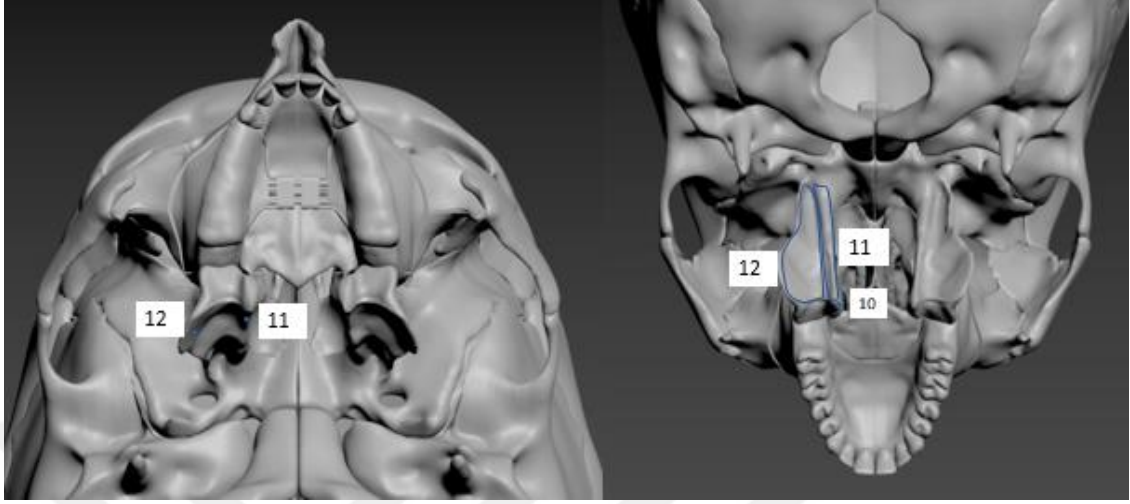
Infraorbital kenar



Şekil 19a: Yer değiştirme analizinde kullanılan noktalar: 1. Alveol kemik kenarı, 2. Midpalatal sutur, 3. Santral keser, 4. Kanin kusp tepesi, 5. Birinci küçükazı, 6. Birinci azı.



Şekil 19b: Stres analizinde kullanılan noktalar: 7-zigomatiko maksiller, 8- Frontozigomatik, 9-Zigomatik ark, 10-Pterigoid hamulus, 11-Medial pterigoid, 12-Lateral pterigoid,13-Maksiller tuber, 14-İnfraorbital kenar, 15- Frontomaksiller birleşke, 16-Perinazal bölge.



Şekil 19c: Stres analizinde kullanılan noktalar: 10-Pterigoid hamulus, 11-Medial pterigoid, 12- Lateral pterigoid.

4. BULGULAR

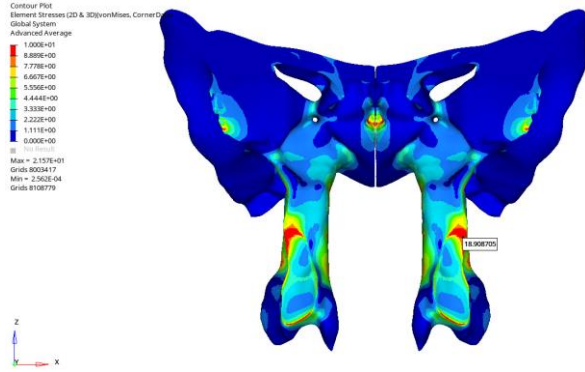
Çalışmamızda 18-30 yaş aralığındaki 240 genç erişkin hastanın tomografisi değerlendirilmiş olup yapılan ölçümler sonucunda ortalama derinlik 5.29, ortalama kalınlık 8.73, uzunluk ise 20.75 olarak bulunmuştur. Derinlik için maksimum değer 5.89 olarak bulunurken minimum değer 4,61'dir. Kalınlık için ise maksimum değer 9.78 iken minimum değer 7.88'dir. Uzunluk için ise maksimum değer 22,03 olarak ölçülürken minimum değer 19,69 olarak ölçülmüştür.

4.1 Pterigo-maksiller Bileşke Üzerinde Oluşan Stresler (MPa)

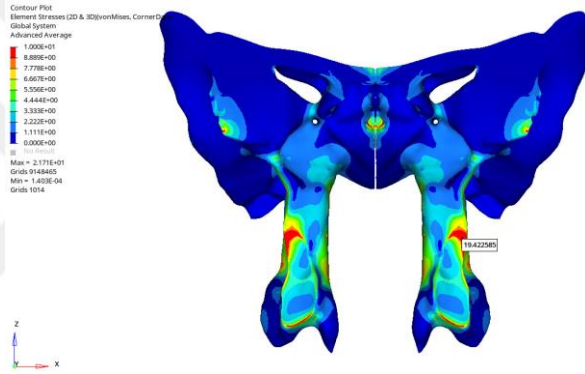
Pterigo-maksiller bileşkede oluşan streslerin değerlendirilmesinde farklı derinlik, kalınlık ve uzunlukta PMB'ye sahip yedi farklı modeldeki Von Misses değerleri tespit edilmiştir. Kalınlık ve uzunluğun sabit tutulduğu modellerde derinlik arttıkça bölgede oluşan stresin arttığı gözlemlenmiştir (**Tablo 4**) (**Şekil 20a, 20b, 20c**). Aynı şekilde derinlik ve uzunluğun sabit tutulduğu modellerde kalınlık arttıkça pterigo-maksiller bölgedeki stresler de artmıştır (**Tablo 5**) (**Şekil 21a, 21b, 21c**). Uzunlukta ise bunlardan farklı olarak derinlik ve kalınlığın sabit olduğu modellerde uzunluk arttıkça pterigo-maksiller bölgede biriken streslerin azaldığı görülmüştür(**Tablo 6**) (**Şekil 22a, 22b, 22c**). Bu değerlendirmeler arasında derinlik arttıkça pterigo-maksiller bileşkede oluşan stresler diğer ölçütlere göre daha belirgin olarak artmıştır.

Derinlik en az (Model 1)	18,909
Derinlik orta (Model 7)	19,423
Derinlik en çok (Model 2)	20,176

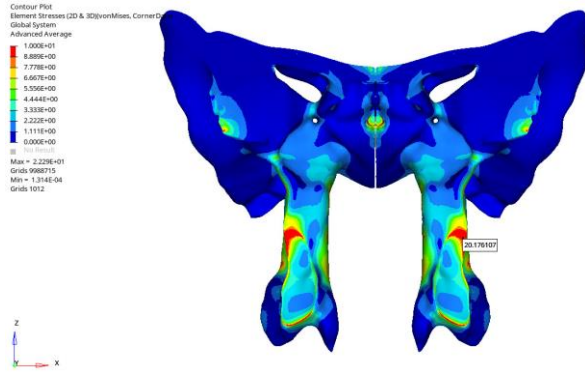
Tablo 4: Derinliğe bağlı değişen PMB üzerindeki Von Misses değerleri.



Şekil 20a: Model-1 Von Misses değerleri.



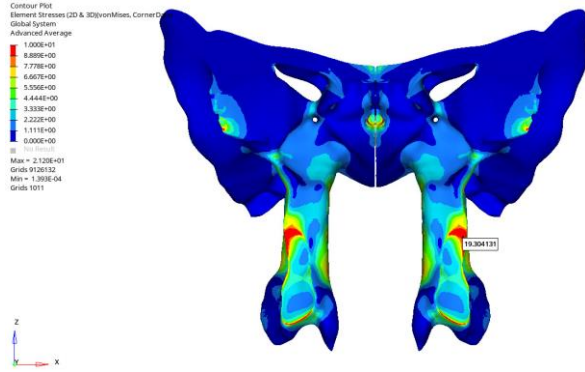
Şekil 20b: Model-7 Von Misses değerleri.



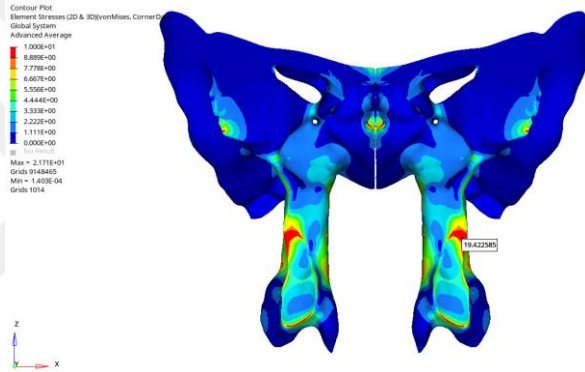
Şekil 20c: Model-2 Von Misses değerleri.

Kalınlık en az (Model 3)	19,304
Kalınlık orta (Model 7)	19,423
Kalınlık en çok (Model 4)	20,04

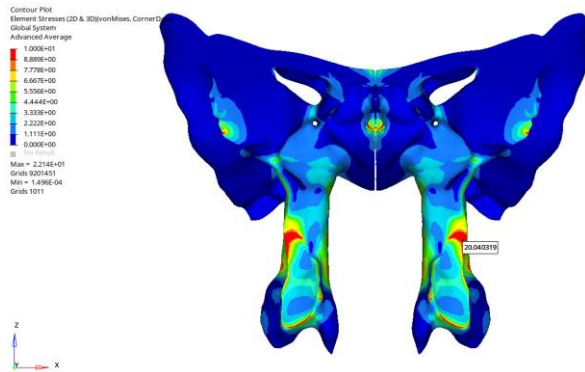
Tablo 5: Kalınlığa bağlı değişen PMB üzerindeki Von Misses değerleri.



Şekil 21a: Model-3 Von Misses değerleri.



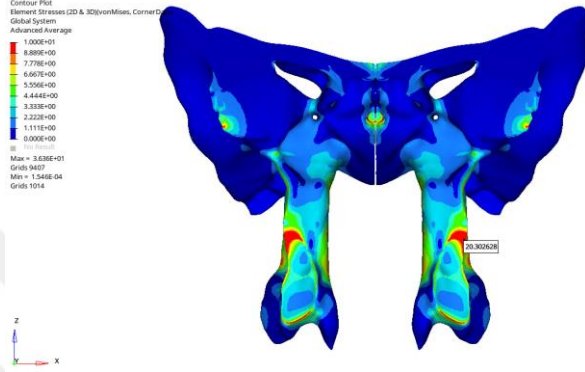
Şekil 21b: Model-7 Von Misses değerleri.



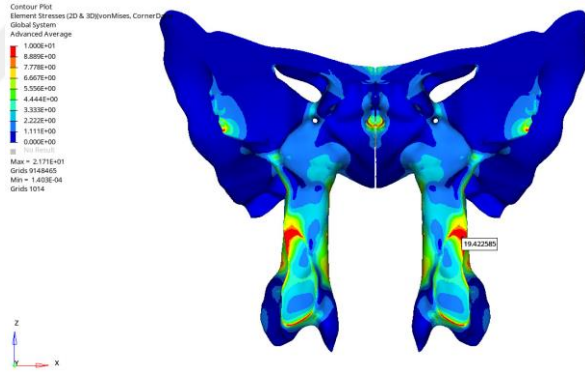
Şekil 21c: Model-4 Von Misses değerleri.

Uzunluk az (Model 5)	20,303
Uzunluk orta (Model 7)	19,423
Uzunluk çok (Model 6)	15,093

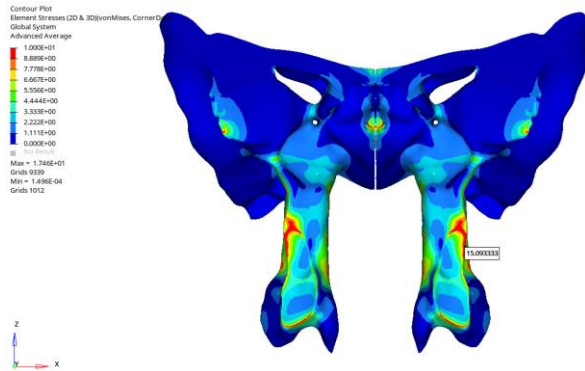
Tablo 6: Uzunluğa bağlı değişen PMB üzerindeki Von Misses değerleri.



Şekil 22a: Model-5 Von Misses değerleri.



Şekil 22b: Model-7 Von Misses değerleri.



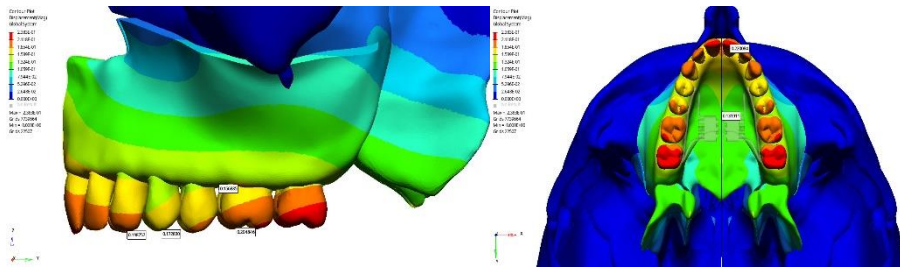
Şekil 22c: Model-6 Von Misses değerleri.

4.2 Belirlenen Noktalardaki Yer Değişiklikleri

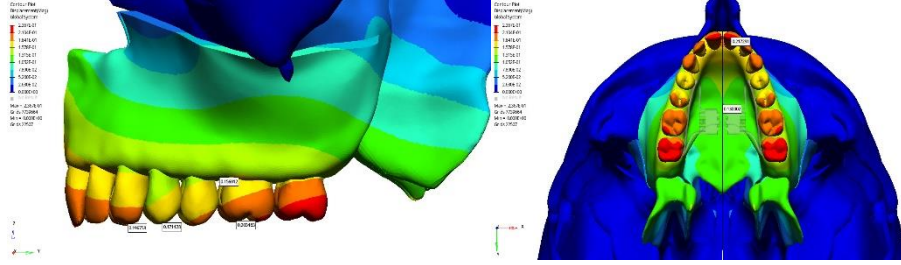
Maksiller açılmayı incelemek için yedi farklı modelde incelenen noktalar kanin tepesi, 1. premolar tepesi, molar tepesi, molar kenarı, santral tepesi ve midpalatal suturdur. Bu noktalar ayrı ayrı değerlendirildiğinde derinlik arttıkça kanin tepesindeki yer değiştirme azaldığı gözlenmiştir. Birinci premolar tepesi birinci molar tepesi ve molar kenarında ise derinlik arttıkça yer değiştirmenin azaldığı fakat median değerlerin üzerinde yer değiştirmenin sabit kaldığı görülmüştür. Santral tepesinde ise derinlik arttıkça yer değiştirmenin azaldığı görülmüştür. Midpalatal suturda ise yer değiştirmenin önce azaldığı sonrasında da sabit kaldığı görülmüştür (Tablo 7) (Şekil 23a, 23b, 23c).

	Kanin Tepesi	1.Premolar Tepesi	Molar Tepesi	Molar Kenar	Santral Tepesi	Midpalatal Suture
Derinlik en az (Model1)	0,199	0,173	0,205	0,157	0,220	0,132
Derinlik orta (Model 7)	0,197	0,171	0,203	0,156	0,218	0,130
Derinlik en çok (Model 2)	0,196	0,171	0,203	0,156	0,217	0,130

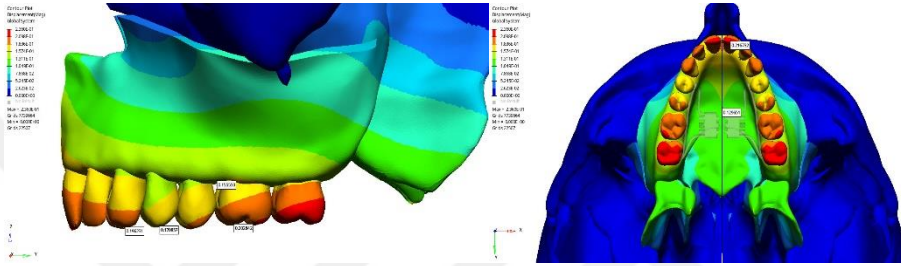
Tablo 7: Belirlenen noktalardaki derinliğe bağlı yer değiştirme değerleri.



Şekil 23a: Model-1 yerdeğişikliği (derinlik) değerleri.



Şekil 23b: Model-7 yerdeğiştirme (derinlik) değerleri.

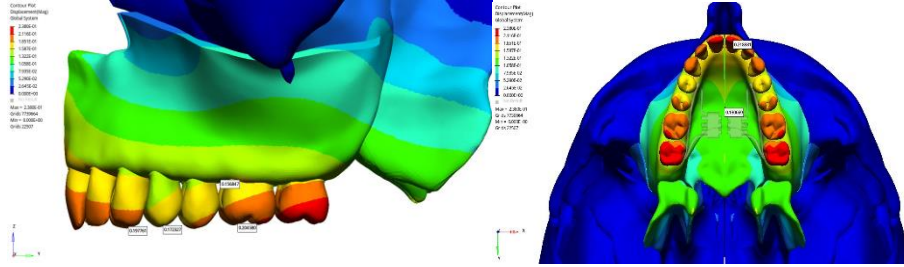


Şekil 23c: Model-2 yerdeğiştirme (derinlik) değerleri.

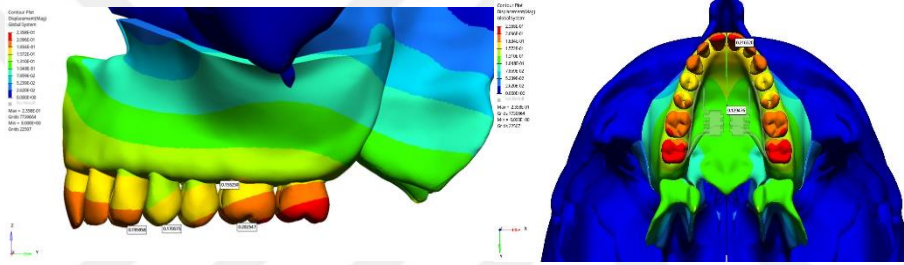
Belirlenen noktalarda PMB kalınlığındaki değişim değerlendirildiğinde ise kanin tepesinde kalınlık arttıkça yer değiştirmenin azaldığı görülmüştür. Birinci premolar tepesi ve birinci molar tepesinde ise kalınlık arttıkça yer değiştirme öncelikle azalmış median değerlerin üzerinde yer değiştirmenin sabit kaldığı görülmüştür. Molar tepesinde ise kalınlık arttıkça yer değiştirme azalmıştır. Molar kenarda ise kalınlık arttıkça yer değiştirme azalmıştır. Santral tepesinde ise yer kalınlığının artmasıyla başlangıçta değişmeyen yer değiştirme median değerden sonra azalmıştır. Midpalatal suturda ise kalınlığın artmasıyla yer değişiminin azaldığı gözlenmiştir (Tablo 8) (Şekil 24a, 24b, 24c).

	Kanin Tepesi	1.Premolar Tepesi	Molar Tepesi	Molar Kenar	Santral Tepesi	Midpalatal Suture
Kalınlık en az(Model 3)	0,198	0,172	0,205	0,157	0,218	0,131
Kalınlık orta (Model 7)	0,197	0,171	0,203	0,156	0,218	0,130
Kalınlık en çok(Model 4)	0,196	0,171	0,203	0,155	0,217	0,129

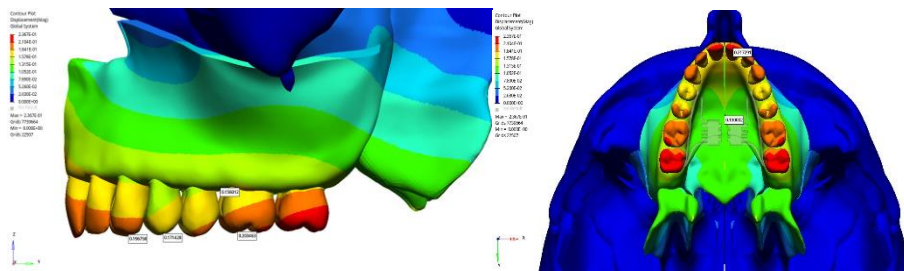
Tablo 8: Belirlenen noktalarda kalınlığa bağlı yer değiştirme değerleri.



Şekil 24a: Model-3 yerdeğiştirme (kalınlık) değerleri.



Şekil 24b: Model-7 yerdeğiştirme (kalınlık) değerleri.

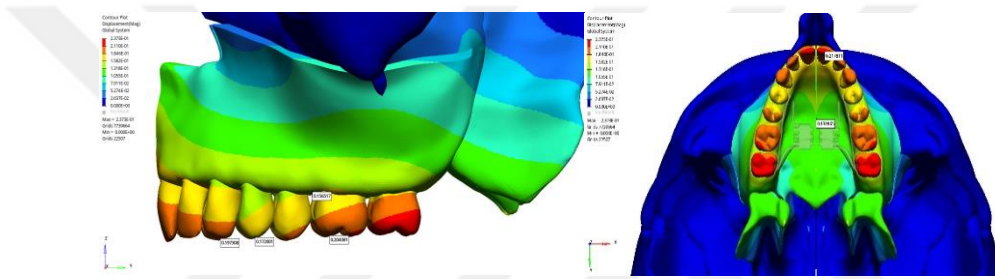


Şekil 24c: Model-4 yerdeğiştirme (kalınlık) değerleri.

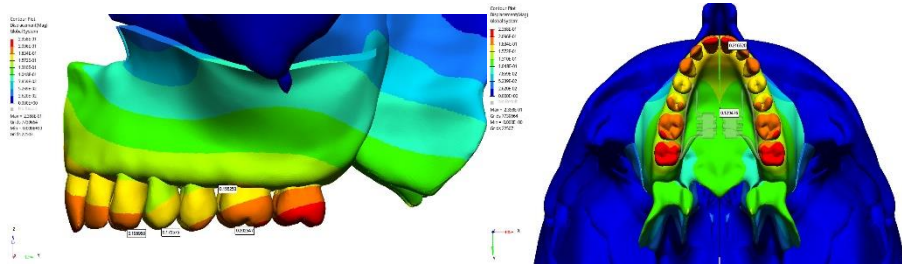
Belirlenen noktadaki uzunluk değerlendiğinde ise, uzunluk arttıķa kanin tepesindeki yer değiştiriminin median değer içeren modele kadar sabit kaldığı sonrasında ise yer değiştirme miktarının azaldığı gözlenmiştir. Birinci premolar tepesi ve Molar tepesi ve Molar kenarında ise uzunluk arttıķa incelenen modellerde yer değiştiriminin azaldığı gürülmüştür. Santral tepesinde ise uzunluk arttıķa median değerleri içeren modele kadar değişmeyen yer değiştirme, median modelden sonra azalmıştır. Midpalatal suturda ise uzunluk arttıķa yer değiştiriminin değişmediği gözlenmiştir (Tablo 9) (Şekil 25a, 25b, 25c).

	Kanin Tepesi	1.Premolar Tepesi	Molar Tepesi	Molar Kenar	Santral Tepesi	Midpalatal Suture
Uzunluk en az (Model 5)	0,197	0,172	0,204	0,157	0,218	0,130
Uzunluk orta (Model7)	0,197	0,171	0,203	0,156	0,218	0,130
Uzunluk en çok (Model6)	0,196	0,170	0,202	0,155	0,216	0,130

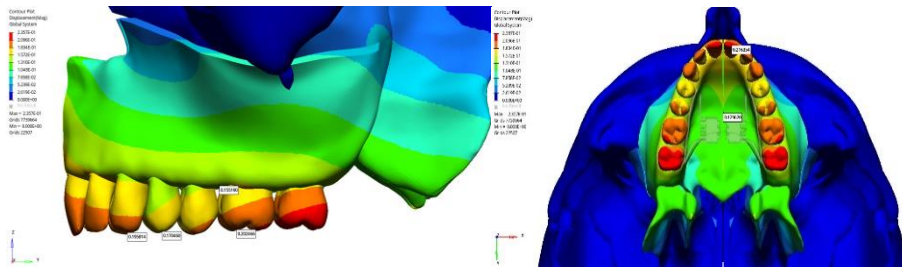
Tablo 9: Belirlenen noktalarda uzunluğa bağlı yer değiştirme değerleri.



Şekil 25a: Model-5 yerdeğiştirme (uzunluk) değerleri.



Şekil 25b: Model-7 yerdeğiştirme (uzunluk) değerleri.



Şekil 25c: Model-6 yerdeğiştirme (uzunluk) değerleri.

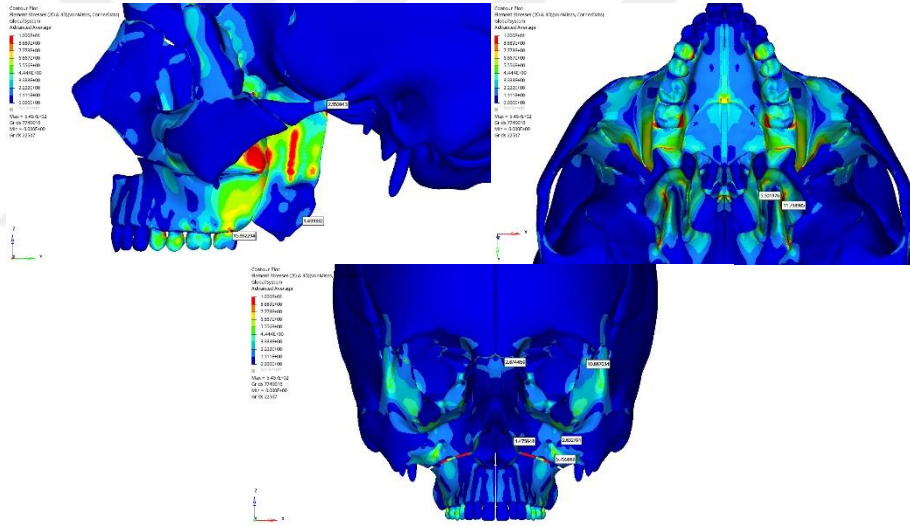
4.3 Belirlenen İkincil Noktalar Üzerindeki Stresler

Pterigo-maksiller bileşke haricinde zigomatik ark, hamulus, tuber, medial pterigoid, lateral pterigoid, frontomaksiller suture, frontozigomatik suture, perinazal bölge, infraorbital kenar ve zigomatikomaksiller suture üzerinde tespit edilen Von Misses değerleri için farklı derinlik, kalınlık ve uzunluk değerleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

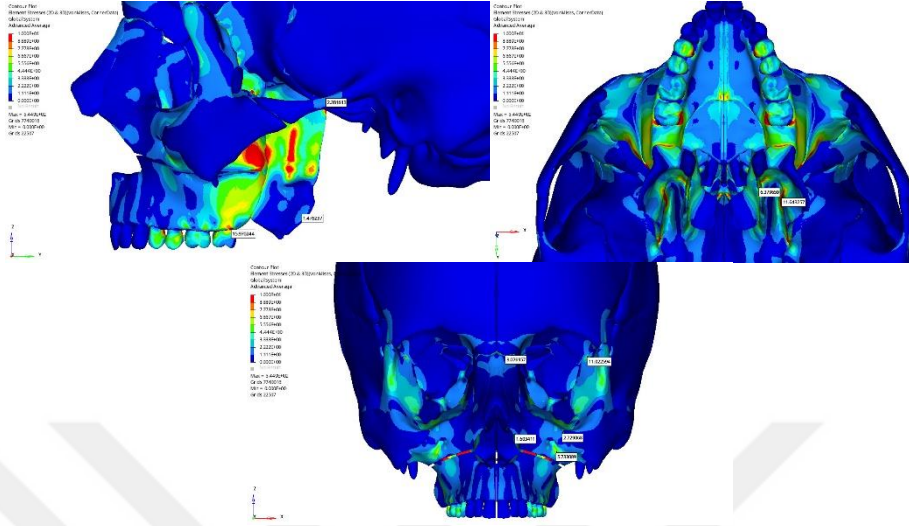
Derinlik arttıkça zigomatik arktaki streslerin azaldığı gözlenmiştir. Fakat derinlik arttıkça hamulus üzerindeki Von Misses değerleri artmıştır. Tuberde ise derinlik arttıkça daha minimal bir artış görülmüştür. Medial pterigoidde ise derinlik arttıkça Von Misses değerleri artmıştır. Lateral pterigoidde ise median değerlere sahip modele kadar derinlik arttıkça azalan stresler, median değerlere sahip modelden sonra derinliğin en çok olduğu modelde yeniden artmıştır. Frontomaksiller suture ve Frontozigomatik suturede ise derinlik arttıkça stresler artmıştır. Perinazal bölgede ise derinlik arttıkça stresler artmıştır. Infraorbital kenarda da derinlik arttıkça Von Misses değerlerinin arttığı görülmüştür. Zigomatikomaksiller suturede ise derinlik arttıkça median modele kadar streslerin arttığı görülmüştür fakat sonrasında derinliğin en çok olduğu modele doğru stresler azalmıştır(**Tablo 10**) (**Şekil 26a, 26b, 26c**).

	Derinlik en az (Model 1)	Derinlik orta (Model 7)	Derinlik en çok (Model 2)
Zigomatik ark	2,554	2,282	2,274
Hamulus	1,409	1,478	1,480
Tuber	15,932	15,970	16,045
Medial pterigoid	5,502	6,380	6,517
Lateral pterigoid	11,799	11,643	11,765
Frontomaksiller suture	2,874	3,077	3,155
Frontozigomatik suture	10,887	11,023	11,029
Perinazal bölge	1,476	1,603	1,608
İnfracorbital kenar	2,633	2,279	2,737
Zigomatikomaksiller suture	5,756	5,733	5,724

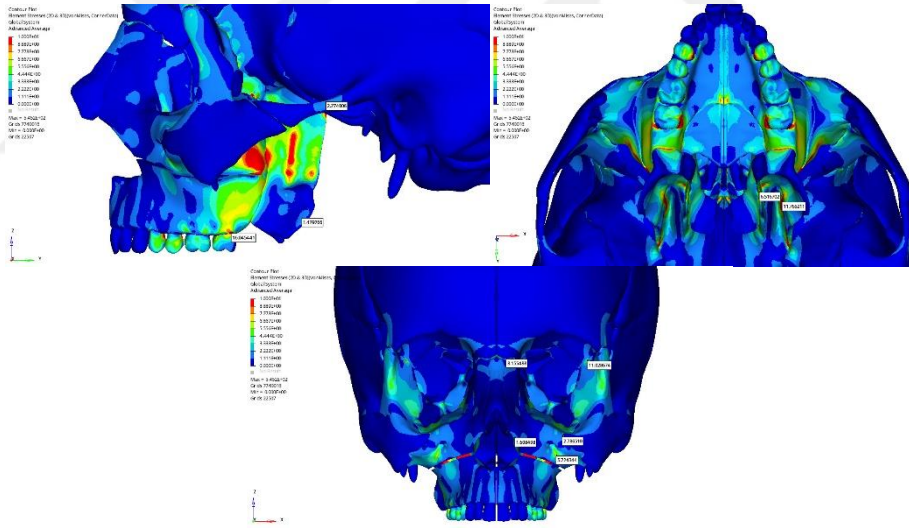
Tablo 10: Belirlenen ikincil noktalar üzerindeki derinliğe bağlı stres değişimleri.



Şekil 26a: Model-1 belirlenen ikincil noktalardaki derinliğe bağlı stres değişimleri.



Şekil 26b: Model-7 belirlenen ikincil noktadaki derinliğe bağlı stres değişimleri.



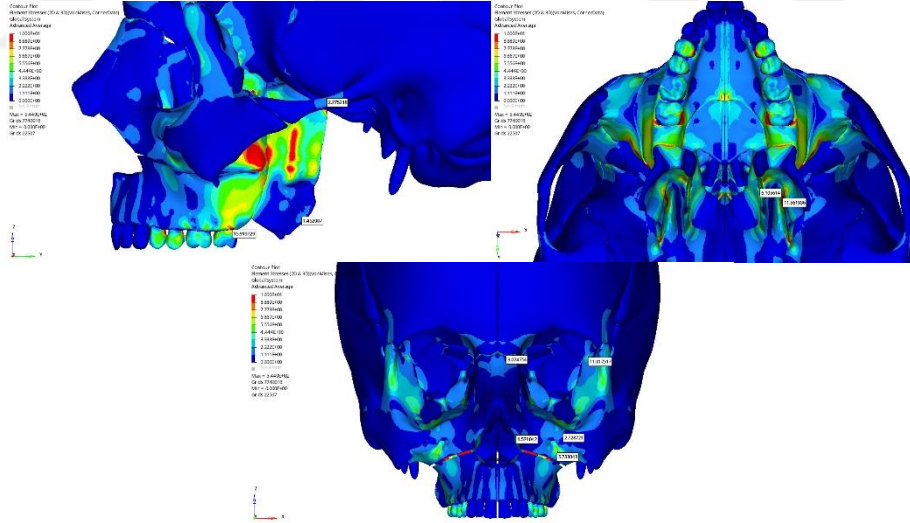
Şekil 26c: Model-2 belirlenen ikincil noktadaki derinliğe bağlı stres değişimleri.

Kalınlık arttıkça zigomatik arkta biriken Von Misses stresleri artmıştır. Hamulustaki stresler de modellerdeki kalınlık değerinin artmasıyla artmıştır. Tuberde de kalınlık arttıkça Von Misses streslerinin arttığı gözlenmiştir. Medial pterigoid ve Lateral pterigoidde ise kalınlık arttıkça gözlenen Von Misses stresleri artmıştır. Frontomaksiller suture ve frontozigomatik sutureda ise gözlenen Von Misses değerlerinin arttığı görülmüştür. Perinazal bölgede de biriken stresler artmıştır.

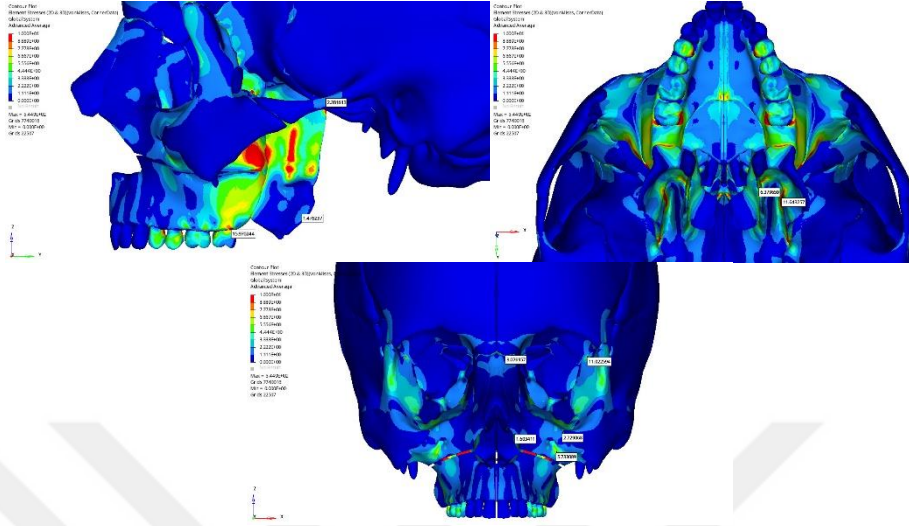
Infraorbital kenar ve Zigomatikomaksiller sturda da Von Misses değerlerinin arttığı gözlenmiştir(**Tablo 11**) (**şekil 27a, 27b, 27c**).

	Kalınlık en az (Model 3)	Kalınlık orta (Model 7)	Kalınlık en çok (Model 4)
Zigomatik ark	2,275	2,282	2,308
Hamulus	1,452	1,478	1,483
Tuber	15,920	15,970	16,045
Medial pterygoid	6,106	6,380	6,391
Lateral pterygoid	11,562	11,643	11,698
Frontomaksiller sütur	3,075	3,077	3,175
Frontozigomatik sütur	11,018	11,023	11,067
Perinazal bölge	1,574	1,603	1,648
İnfraorbital kenar	2,729	2,729	2,733
Zigomatikomaksiller sütur	5,733	5,733	5,752

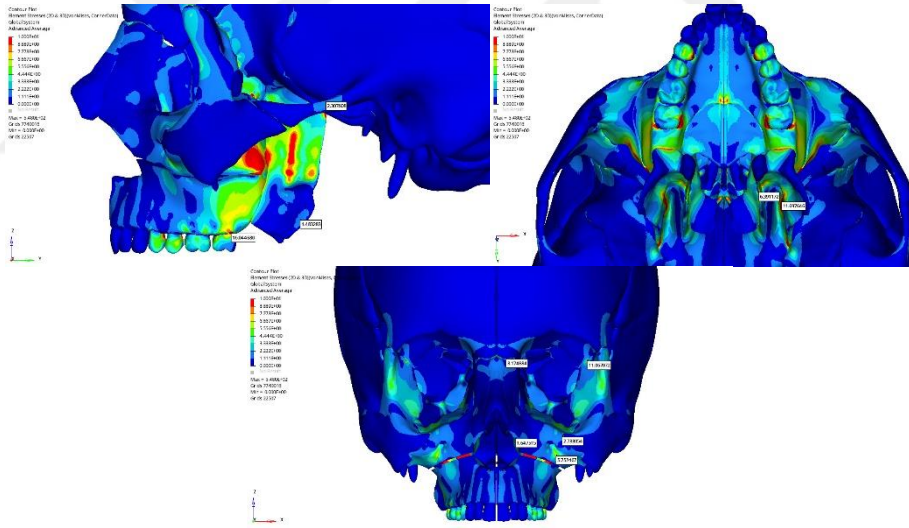
Tablo 11: Belirlenen ikincil noktalar üzerindeki kalınlığa bağlı stres değişimleri.



şekil 27a: Model-3 belirlenen ikincil noktalardaki kalınlığa bağlı stres değişimleri.



Şekil 27b: Model-7 belirlenen ikincil noktalarındaki kalınlığa bağlı stres değişimleri.



Şekil 27c: Model-4 belirlenen ikincil noktalarındaki kalınlığa bağlı stres değişimleri.

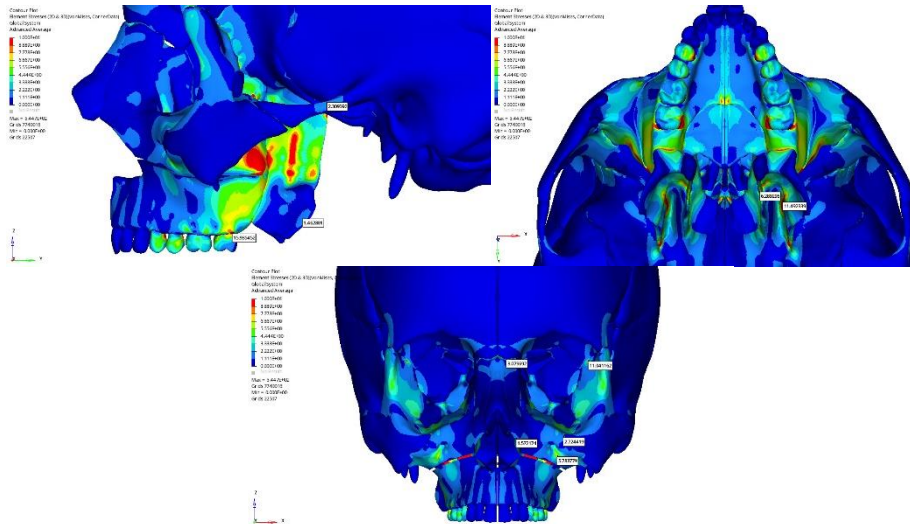
Uzunluk incelendiğinde ise uzunluk arttıkça zigomatik arktaki Von Mises değerlerinin azaldığı görülmüştür. Bundan farklı olarak uzunluk arttıkça hamulustaki streslerin arttığı görülmüştür. Tuberde ise uzunluk arttıkça Von Mises değerleri artmıştır. Medial ve lateral pterigoidde ise uzunluk arttıkça streslerin arttığı gözlenmiştir. Frontomaksiller suturda ise uzunluk arttıkça median değere kadar azalan stresler, median değerlere sahip modelden sonra artmıştır. Frontomaksiller suturda ise uzunluk arttıkça gözlenen Von Mises değerleri azalmıştır. Perinazal bölgede ise

uzunluk arttıkça gözlenen stresler artmıştır. İnfraorbital kenarda ise uzunluk arttıkça gözlenen Von Misses değerleri artmıştır. Zigomatikomaksiller süturda ise uzunluk arttıkça gözlenen stresler azalmıştır.

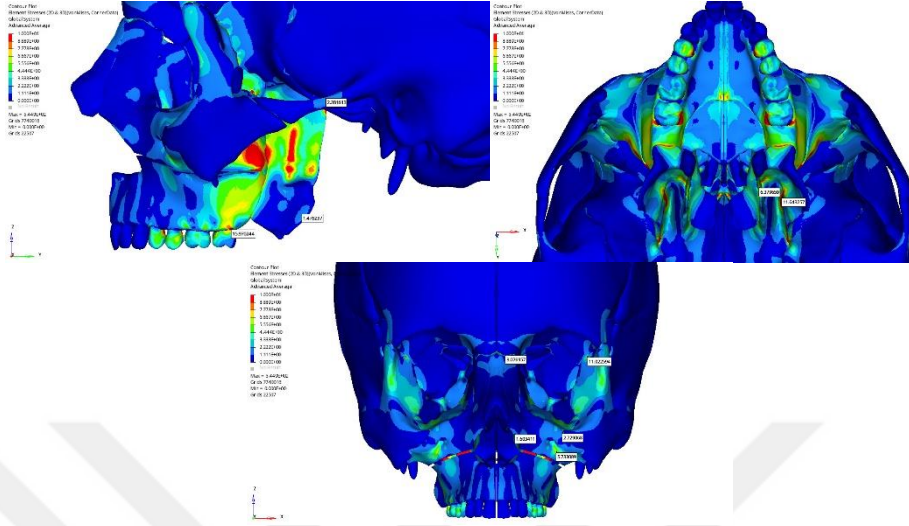
Sonuç olarak PMB'nin artan boyutlarında ikincil noktalar üzerinden yaptığımız değerlendirmelerde stresler genel olarak artmaktadır(Tablo 12)(Şekil 28a, 28b, 28c).

	Uzunluk en az (Model 5)	Uzunluk orta (Model 7)	Uzunluk en çok (Model 6)
Zigomatik ark	2,309	2,282	2,240
Hamulus	1,463	1,478	1,484
Tuber	15,935	15,970	16,003
Medial pterigoid	6,289	6,380	6,666
Lateral pterigoid	11,492	11,643	11,712
Frontomaksiller sutur	3,080	3,077	3,149
Frontozigomatik sutur	11,041	11,023	10,978
Perinazal bölge	1,572	1,603	1,645
İnfraorbital kenar	2,724	2,729	2,735
Zigomatikomaksiller sudur	5,784	5,733	5,656

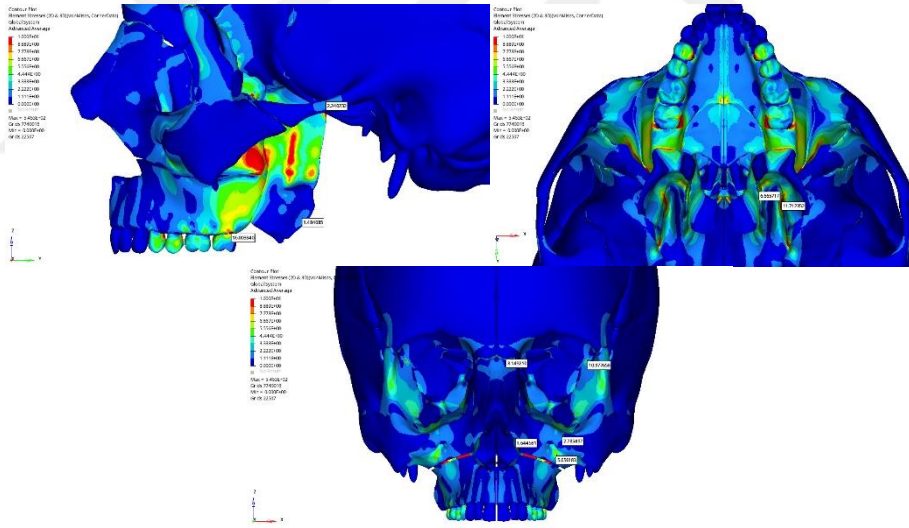
Tablo 12: Belirlenen ikincil noktalar üzerindeki uzunluğa bağlı stres değişimleri.



Şekil 28a: Model-5 belirlenen ikincil noktadaki uzunluğa bağlı stres değişimleri.



Şekil 28b: Model-7 belirlenen ikincil noktadaki uzunluğa bağlı stres değişimleri.



Şekil 28c: Model-6 belirlenen ikincil noktadaki uzunluğa bağlı stres değişimleri.

5. TARTIŞMA

Genç erişkin ve yetişkin popülasyonda sıklıkla karşılaşılan klinik problemlerden olan maksiller transversal yetmezliğin tedavisinde kullanılan ve ilk olarak 1938 yılında Brown tarafından tanımlanan cerrahi destekli maksiller genişletme (SARPE) işlemi günümüzde gelişerek bugün kullandığımız tekniğe dönüştürülmüştür[1, 17].

İşleme üst çeneye uygulanan insizyon ve diseksiyonlar sonrasında apertura piriformisten pterigo-maksiller bileşkeye uzanan bir osteotomi yapılarak başlanır. Daha sonra maksilla orta hattında genişletmenin olabilmesi için midpalatal osteotomi yapılarak üst çene iki kısma ayrılır. Bu aşamadan sonra üst çene pterigo-maksiller bileşkeler ve burun lateral duvarlarıyla kafa kaidesine halen bağlıdır[18]. Bu aşamada araştırmacıların bir kısmı maksiller genişletme için pterigomaksiller bileşkeyi bir direnç noktası olarak gördüklerinden ayrılması gerektiğini savunurken, bir kısmı da bu bölgenin osteotomisinin komplikasyon riskini arttırdığını ve maksiller ekspansiyona kayda değer bir etkisinin olmadığını cerrahi destekli maksiller ekspansiyon işlemi sırasında ayrılmaması gerektiğini savunmaktadır[18, 19].

Literatürde PMB etkisi tartışmalı bir konu olmaya devam etmektedir. Ayrıca PMB'nin posterior ve anterior transvers yetersizliklerin cerrahi olarak düzeltilmesinde de farklı bir etkisi olup olmadığı açık değildir[85]. Lehman ve Haas, PMB'nin ayrılmadığı SARPE işlemlerinde, iskeletsel direnç noktalarında yeterli bir zayıflama sağlanarak maksiller ekspansiyonda PMB'nin ayrılmayabileceğini bulmuşlar[43]. Buna karşılık Betts ve Zicardi apertura piriformisten pterigo-maksiller fissüre kadar midpalatal sutur, nazal septum ve ayrıca pterigo-maksiller bileşke dahil iskeletsel yapıların zayıflatılması gerektiğini bildirmişlerdir[86].

Son zamanlarda yapılan bir kadavra çalışmasında da PMB'nin ayrılmadığı SARPE'lerde V şeklinde bir transversal maksiller genişleme görüldüğü ve PMB'nin ayrıldığı vakalarda ise maksillanın anterior ve posterior bölgelerinde paralel bir transversal genişleme sağlandığı da bildirilmiştir[87]. Sygouros ve ark. 2014 yılında yaptıkları çalışmalarında, SARPE sırasında pterigoid plakları ayrılmadığı hastalarda bukkal alveoler genişlikteki azalmanın, PMB'nin ayrıldığı hastalara kıyasla premolar bölgede anlamlı derecede yüksek olduğu gösterilmiştir[88]. Buna karşılık Kilic ve ark. pterigoid plakların ayrıldığı vakalarda premolar bölgede, pterigoid plakların

ayrılmadığı vakalarda ise molar bölgede daha fazla genişleme sağlandığını bildirdi[89]. Bütün bunlara ek olarak Seeberger ve ark. PMB ayrılmaya bile, SARPE sırasında segmentlerde transversal bir hareketin elde edilebileceği sonucuna varmıştır[19]. Bununla birlikte 2016 yılında Moura ve ark. yaptığı çalışmada, PMB'nin ayrıldığı ve PMB'nin ayrılmadığı iki teknik arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır[90].

Yukarıda sunulan çalışmalardan da anlaşıldığı üzere cerrahi destekli maksiller genişletmeye pterigomaksiller bileşkenin etkisi sorgulanırken genellikle bu bölgeye yapılan osteotomi üzerine odaklanılmıştır. Osteotominin varlığı ile yokluğunun etkisi sorgulanırken bölgenin anatomik karakteristiği göz ardı edilmiştir. Sunulan çalışmada bölgenin üç boyutlu morfolojik yapısı belirlenmiş ve etkin olan değişkenler sonlu eleman çalışması ile sorgulanarak klinisyenlerin karar mekanizmalarına katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Pterigo-maksiller bölgenin anatomik karakteristiği hakkındaki bilgiler, prosedürü gerçekleştiren cerrahlar için önemlidir. Posterior maksilla daha önceki çalışmalarda incelenmiş olsa da, farklı maloklüzyonları olan hastalarda spesifik özellikleri henüz karakterize edilmemiştir. Bunun araştırılmasını iki nedenle büyük önem taşımaktadır. Bunlardan birincisi, bu bölgenin osteotomisinin yüksek nörovasküler komplikasyon riski oluşturmasıdır diğeri ise, pterigo-maksiller bölgedeki ayırma işleminin maksiller genişletmeye katkısının tartışmalı olmasıdır [91, 92].

Çalışmamızda 18-30 yaş aralığındaki 240 genç erişkin hastanın tomografisi değerlendirilmiş olup, incelenmesi gereken tomografi sayısının belirlenmesi amacıyla öncelikle 20 adet tomografide ölçümler yapılmış ve bu veriler kullanılarak güç analizi yapılmıştır. Buna göre %95 güven düzeyinde %80 güç (AUC=0.70) sağlanabilmesi için minimum 240 tomografinin incelenmesinin gerekli olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan ölçümler sonucunda ortalama derinlik 5.29, ortalama kalınlık 8.73, uzunluk ise 20.75 olarak bulunmuştur. Kalınlık ve genişlik ölçümlerinin standardizasyonu için kalınlık ve genişlik ölçümleri nazal tabanın 3 mm üzerindeki aksiyal kesit üzerinden yapılmıştır. 2013 yılında Kore popülasyonunda yapılan bir çalışmada pterigo-maksiller bileşkenin boyutsal değerleri benzer şekilde ölçülmüştür. Bu çalışmada ölçümlerin standardizasyonu için ölçümler nazal tabanın 5-7 mm üzerinden yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda Kore popülasyonunda pterigo-maksiller

bileşkedeki ortalama derinlik 5.53 mm, ortalama kalınlık 8.01 mm ve ortalama yükseklik 13.22 mm olarak ölçülmüştür[93]. Ölçümler arasındaki farklılıkların referans noktasındaki milimetrik farktan kaynaklandığı düşünülebileceği gibi popülasyonlar arasındaki etiyolojik farklılıklardan kaynaklandığı da düşünülebilir.

Çalışmamızda elde edilen boyutsal değerler “IBM SPSS Statistics 22.0” paket programıyla analiz edilmiştir. Her boyuttaki değerlerin popülasyon içerisindeki 1. çeyrek, median ve 3. çeyrek değerleri sırasıyla ilgili boyutun düşük, orta ve yüksek değerleri olarak kabul edilmiştir. Üç boyutta da bu analizler yapılarak her boyut için ilgili değerler belirlenmiştir.

Bu amaçla diş kaynaklı, kemik kaynaklı veya hibrit (diş kemik kaynaklı) ekspansiyon aparatları transversal yöndeki maksiller yetmezliklerin düzeltilmesinde kullanılmaktadır[94]. Konik ışınli BT (CBCT) üzerinde yapılan üç boyutlu araştırmalar, diş kaynaklı ve kemik kaynaklı cihazların maksilla üzerinde benzer etkilere sahip olduğunu ve düşük komplikasyon ile ilişkili olduğunu göstermiştir[95, 96]. Çalışmamızda diş kaynaklı RPE aparatını tercih etmemizin nedeni ise; kemik kaynaklı aparatlara göre daha yaygın kullanılması, ilave bir cerrahi gerektirmemesi, maliyetinin daha düşük olması ve daha önce yapılan çalışmalarda maksiller ekspansiyonda benzer etkilerinin olmasıdır.

Ortognatik cerrahide operasyonların veya aparatların etkilerini araştırmak için sonlu elemanlar yöntemleri sıkça kullanılan uygun bir yöntemdir. Bu araştırmada kullanılan sonlu elemanlar analizi (SEA), cerrahi destekli ve cerrahi desteksiz hızlı maksiller genişletmeyi inceleyen, orta yüz ve kranial stres dağılımı için kullanılmaktadır. Üç boyutlu kafatası modelleri hazırlandığında, kortikal ve spongiöz kemikleri ayrı ayrı segmentlere ayırmak mümkün olduğundan, yapılarının daha hassas görüntülenmesine izin vermektedir[94].

Mevcut SEA çalışmasında test edilen tüm elementlerin literatürde olduğu gibi izotropik, homojen ve lineer elastik olduğu varsayılmıştır. Sonlu eleman modelleri ile esas durum arasındaki malzeme özellikleri ve sınır koşulları arasında oluşan farklılıklar nedeniyle, SEA çalışmalarının sonuçları dikkatli bir şekilde analiz edilmelidir. Örneğin, PDL aslında doğrusal olmayan, viskoelastik ve anizotropik bir malzemedir[97]. Bununla birlikte PDL, SEA çalışmalarında toplam kafatası modellerinde küçük bir hacim kaplar ve elastik özellikleri, kortikal kemik ve dişler

gibi yoğun yapılarla kıyaslanamayacak kadar küçük ve yoğundur. Bu nedenle, mevcut örnekte olduğu gibi önemsiz varsayımlar, SEA analizinden elde edilen sonuçlar üzerinde ihmal edilebilir etkiler meydana getirebilir[98].

Doğadaki her elementin basınç altında bir elastik limiti vardır, bu limitin üzerinde deformasyonlar elastik olmaktan çıkar ve geri dönüşü olmayan deformasyon meydana gelir. Von Mises gerilimi, esnek malzemelerdeki distorsiyonu belirlemede kullanılır ve herhangi bir sistemdeki belirli bir noktadaki bozulma enerji yoğunluğunun bir ölçüsüdür[99]. Yani Von Misses stresi, araştırmacıların herhangi bir malzeme için elastik sınırı kolayca belirlemesine olanak tanır.

Çalışmamızda analizlerin değerlendirilmesinde maksimum distorsiyon enerji kriteri olarak da bilinen Von Misses kriterini kullandık. Bu kriteri seçmemizdeki nedenlerden biri de, materyallerin esnekliğini değerlendirmek için kullanılan ve oldukça fazla sayıda test edilmiş bir yöntem olmasıdır[100]. Distorsiyon enerjisi, tek eksenli gerilimde esneme veya bozulma için aynı enerjiye ulaştığında kırılmanın meydana geldiğini belirtir ve özellikle tekrarlanan çekme ve çekme-kesme yüklemesi için makul bir yorulma dayanımı tahmini sağlar. Asal gerilimler(princepal stress), her zaman birbirine dik olan ve kayma gerilmelerinin sıfır olduğu yönlerde yönlendirilen bir düzlemden maksimum ve minimum normal gerilmelerdir. PS maksimum değerleri en fazla çekme gerilmesini gösterirken, PS minimum değerleri ise en fazla sıkıştırmayı gösterir[100, 101].

Başka bir deyişle, asal gerilim, bir çiviye kesme kuvvetlerine neden olmadan tek yönde çakmak gibi, uygulanan belirli kuvvetler altında bir materyalin karşılaacağı normal gerilimdir. Mini vida ankrajı ve ortodontik diş hareketine odaklanan SEA çalışmaları için doğru kriter olabilir[98]. Fakat sonuç olarak bütün bu örneklere dayanarak, çalışmamızda kortikotomi uygulanan maksiller genişleme sırasında meydana gelen çok yönlü üç boyutlu stresi araştırmak için Von Misses kriteri seçilmiştir.

Modeller analiz edilerek belirli noktalarda oluşan yer değiştirme ve stresler değerlendirilmiştir. Yer değiştirmenin değerlendirildiği noktalar; alveoler kemik kenarı, midpalatal sutur, santral keser, kanin kusp tepesi, birinci premolar (küçük azı), birinci molar (büyük azı)dır. Maksillofasiyal bölgelerde oluşan streslerin değerlendirildiği noktalar ise; zigomatikomaksiller suture, frontozigomatik suture, zigomatik ark, pterigoid hamulus, medial pterigoid plate, lateral pterigoid plate,

maksiller tuber ve infraorbital kenardır. Başka çalışmalarda da bir çalışmada kullanılan noktalarda çalışmamızda seçilen noktalarla benzerlik göstermektedir. Stres dağılımı ve yer değiştirmenin değerlendirildiği noktalar: N noktası, zigomatikomaksiller sütür, maksiller tuber, nazal kemik, nazal tabanı ve anterior nazal spinadır[102].

Sunulan çalışmada da SARPE işleminin sonlu elemanlar analiziyle modellenmesi amacıyla literatürdeki benzer çalışmalarda olduğu gibi 1mm genişliğinde osteotomiler kullanılmıştır. Bilateral olarak apertura priformisten tuber maksillanın posterioruna ve midpalatal sutura osteotomiler oluşturulmuştur[83, 101].

Pterigo-maksiller bileşkede maksiller genişletme ile ortaya çıkan Von Mises değerleri incelendiğinde diğer değişkenler sabit tutulduğunda derinliğin artması ile birlikte stresin arttığı gözlenmiştir. Buna benzer olarak kalınlığın artışı en yüksek değere ulaştığında PMB'deki stres artış göstermiştir. Bunlardan farklı olarak PMB'nin uzunluğunun etkisi değerlendirildiğinde uzunluğun artışı bölgede oluşan stresin azalmasına yol açmıştır. Bu azalış pterigo-maksiller bağlantının uzunluğunun artmasının bölgenin esnekliğinin artmasına yol açtığı ve stres toleransının artışı ile açıklanabilir.

Maksiller açılmayı incelemek için yedi farklı modelde incelenen noktalar ayrı ayrı değerlendirildiğinde derinlik arttıkça kanin tepesindeki yer değiştirme azaldığı gözlenmiştir. Birinci premolar tepesi birinci molar tepesi ve molar kenarında ise derinlik arttıkça yer değiştirmenin azaldığı fakat median değerlerin üzerinde yer değiştirmenin sabit kaldığı görülmüştür. Santral tepesinde ise derinlik arttıkça yer değiştirmenin azaldığı görülmüştür. Midpalatal suturda ise yer değiştirmenin önce azaldığı sonrasında da sabit kaldığı görülmüştür. Bütün bu noktalar değerlendirildiğinde PMB'nin derinliğinin artmasının yer değiştirmenin azaldığını göstermektedir. Bu da bölgedeki derinlik arttıkça yer değiştirmenin yani maksiller açılmanın azaldığını ve derinliğin arttığı vakalarda maksiller transversal genişleme için bir limitasyon oluşturabileceğini göstermektedir.

Belirlenen noktalarda PMB kalınlığındaki değişim değerlendirildiğinde ise kanin tepesinde kalınlık arttıkça yer değiştirmenin azaldığı görülmüştür. Birinci premolar tepesi ve birinci molar tepesinde ise kalınlık arttıkça yer değiştirme öncelikle azalmış median değerlerin üzerinde yer değiştirmenin sabit kaldığı görülmüştür. Molar tepesinde ise kalınlık arttıkça yer değiştirme azalmıştır. Molar kenarda ise kalınlık

artıkça yer değiştirme azalmıştır. Santral tepesinde ise kalınlığın artmasıyla başlangıçta değişmeyen yer değiştirme median değerden sonra azalmıştır. Midpalatal suturda ise kalınlığın artmasıyla yer değişmenin azaldığı gözlenmiştir. Bütün bu noktalar değerlendirildiğinde PMB kalınlığı artıkça yer değiştirmenin azaldığı gözlenmiştir fakat bu etkileşimin derinlik parametresindeki kadar belirgin olmadığı görölmektedir.

Belirlenen noktalardaki uzunluk değerlendiğinde ise, uzunluk artıkça kanin tepesindeki yer değiştirmenin median değer içeren modele kadar sabit kaldığı sonrasında ise yer değiştirme miktarının azaldığı gözlenmiştir. Birinci premolar tepesi ve molar tepesi ve molar kenarında ise uzunluk artıkça incelenen modellerde yer değiştirmenin azaldığı görölmüştür. Santral tepesinde ise uzunluk artıkça median değerleri içeren modele kadar değişmeyen yer değiştirme, median modelden sonra azalmıştır. Midpalatal sutureda ise uzunluk artıkça yer değiştirmenin değişmediği gözlenmiştir. Bu sonuca göre, pterigo-maksiller bileşke uzunluğunun artışı açılmaya kalınlık ve derinliğin aksine çok düşük düzeyde etki etmiştir.

PMB'nin boyutsal özelliklerinden yer değiştirmeyi en belirgin olarak etkileyen derinliktir. Derinlik artıkça yer değiştirmenin azalabileceği ve dolayısıyla maksiller transversal genişletilmesine direnç göstereceği söylenilebilir.

Möhlhenrich ve ark. 2017 yılında yaptığı sonlu eleman çalışmasında maksiller genişletmede pterigo-maksiller bölgenin ayrılması gibi ilave osteotomilerin yapılmasının maksillofasiyal kompleksteki (zigomatik ve zyigomatikomaksiller suture, zigomatik ark, infraorbital kenar, anterior ve posterior nazal spina, maksiller tuber, pterigoid hamulus) stresi belirgin bir şekilde azalttığını göstermiştir. Ayrıca, genişlemenin uniform bir karakterde olmasına katkı sağladığını belirtmişlerdir[94]. Sunulan çalışmada da benzer alanlarda oluşan stres incelenen değişkenler ile ilişkili olarak değerlendirilmiştir. Derinlik artıkça zigomatik arktaki streslerin azaldığı gözlenmiştir. Fakat derinlik artıkça hamulus üzerindeki Von Misses değerleri artmıştır. Tuberde ise derinlik artıkça daha minimal bir artış görölmüştür. Medial pterigoidde ise derinlik artıkça Von Misses değerleri artmıştır. Lateral pterigoidde ise median değerlere sahip modele kadar derinlik artıkça azalan stresler, median değerlere sahip modelden sonra derinliğin en çok olduğu modelde yeniden artmıştır. Frontomaksiller suture ve frontozigomatik sutureda ise derinlik artıkça stresler artmıştır.

Perinazal bölgede ise derinlik arttıkça stresler artmıştır. İnfraorbital kenarda da derinlik arttıkça Von Misses değerlerinin arttığı görülmüştür. Zigomatikomaksiller sutureda ise derinlik arttıkça median modele kadar streslerin arttığı görülmüştür fakat sonrasında derinliğin en çok olduğu modele doğru stresler azalmıştır.

Kalınlık arttıkça zigomatik arkta biriken Von Misses stresleri artmıştır. Hamulustaki stresler de modellerdeki kalınlık değerinin artmasıyla artmıştır. Tuberde de kalınlık arttıkça Von Misses streslerinin arttığı gözlenmiştir. Medial pterigoid ve Lateral pterigoidde ise kalınlık arttıkça gözlenen Von Misses stresleri artmıştır. Frontomaksiller suture ve frontozigomatik sutureda ise gözlenen Von Misses değerlerinin arttığı görülmüştür. Perinazal bölgede de biriken stresler artmıştır. İnfraorbital kenar ve zigomatikomaksiller sutureda da Von Misses değerlerinin arttığı gözlenmiştir.

Uzunluk incelendiğinde ise uzunluk arttıkça zigomatik arktaki Von Misses değerlerinin azaldığı görülmüştür. Bundan farklı olarak uzunluk arttıkça hamulustaki streslerin arttığı görülmüştür. Tuberde ise uzunluk arttıkça Von Misses değerleri artmıştır. Medial ve lateral pterigoidde ise uzunluk arttıkça streslerin arttığı gözlenmiştir. Frontomaksiller sutureda ise uzunluk arttıkça median değere kadar azalan stresler, median değerlere sahip modelden sonra artmıştır. Frontomaksiller sutureda ise uzunluk arttıkça gözlenen Von Misses değerleri azalmıştır. Perinazal bölgede ise uzunluk arttıkça gözlenen stresler artmıştır. İnfraorbital kenarda ise uzunluk arttıkça gözlenen Von Misses değerleri artmıştır. Zigomatikomaksiller sutureda ise uzunluk arttıkça gözlenen stresler azalmıştır.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre çevresel streslerin karakteri hakkında değerlendirilen değişkenler ile ilgili olarak her ne kadar kesin bir yorum yapılması zor olsa da diğer sonuçlara benzer olarak derinlik ve kalınlığın artışı çevresel streslerin de artışına daha fazla yol açan faktörler gibi görünmektedir.

6.SONUÇLAR

- Pterigo-maksiller bileşkenin boyutsal özellikleri yani derinlik, kalınlık ve yükseklik değerlendirildiğinde, bu parametreler arasında maksiller transversal genişlemeye en fazla direnç oluşturan parametrenin derinlik olduğu belirlenmiş ve bunu kalınlığın takip ettiği gözlenmiştir.
- Pterigo-maksiller bileşke uzunluğunun artması, kalınlık ve derinlikten farklı olarak stresi azaltan bir faktördür.
- 1 mm aktivasyon için yer değiştirme verilerinin de pterigo-maksiller bölgede oluşan stres ile uyumlu olduğu gözlenmiştir. Derinlik ve kalınlık yer değiştirmeyi kısıtlayıcı faktörler olarak görülmektedir.
- Pterigo-maksiller bileşkeye osteotomi yapılması ile ilişkili kararın verilmesinde bölgenin anatomik yapısının tomografik olarak değerlendirilmesi katkı sağlayıcı olacaktır.
- Mevcut veriler ile planlanan pterigo-maksiller bölgenin osteotomize edildiği yeni çalışmalar ile kritik rakamsal verilere ulaşabilir ve bu sayede klinik bir rehber oluşturulabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **McNamara, J. A.** (2000). Maxillary transverse deficiency. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 117(5), 567-570.
- [2] **Menon, S., Manerikar, R. ve Sinha, R.** (2010). Surgical management of transverse maxillary deficiency in adults. *Journal of maxillofacial and oral surgery*, 9(3), 241-246.
- [3] **Graber, T. M. V. R. L.** (1994). *Orthodontics : current principles and techniques*. St. Louis: Mosby.
- [4] **Koudstaal, M. J., Poort, L., Van der Wal, K., Wolvius, E., Prahl-Andersen, B. ve Schulten, A.** (2005). Surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME): a review of the literature. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 34(7), 709-714.
- [5] **Proffit, W. R., Fields Jr, H. W. ve Sarver, D. M.** (2012). *Contemporary Orthodontics, 5e*. Elsevier India.
- [6] **Basdra, E. K., Zöller, J. E. ve Komposch, G.** (1995). Surgically assisted rapid palatal expansion. *J Clin Orthod*, 29(12), 762-766.
- [7] **Knaup, B., Yildizhan, F. ve Wehrbein, H.** (2004). Age-related changes in the midpalatal suture. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, 65(6), 467-474.
- [8] **Linder-Aronson, S. ve Lindgren, J.** (1979). The skeletal and dental effects of rapid maxillary expansion. *British Journal of Orthodontics*, 6(1), 25-29.
- [9] **Timms, D. J.** (1981). *Rapid maxillary expansion*. Chicago: Quintessence.
- [10] **Moyers, R. E.** (1988). *Handbook of orthodontics*. Chicago: Year Book Medical Publishers.
- [11] **Angell, E. C.** (1860). Treatment Of Irregularities Of The Permanent Or Adult Teeth. *Dental Cosmos*, 540-544.
- [12] **Haas, A. J.** (1959). Gross Reactions To The Widening Of The Maxillary Dental Arch Of The Pig By Splitting The Midpalatal Suture
Am J Orthod, (Abstract).
- [13] **Haas, A. J.** (1980). Long-term posttreatment evaluation of rapid palatal expansion. *Angle Orthod*, 50(3), 189-217.
- [14] **Haas, A. J.** (1965). THE TREATMENT OF MAXILLARY DEFICIENCY BY OPENING THE MIDPALATAL SUTURE. *Angle Orthod*, 35, 200-217.
- [15] **Bell, W. H. ve Epker, B. N.** (1976). Surgical-orthodontic expansion of the maxilla. *Am J Orthod*, 70(5), 517-528.

- [16] **Glassman, A. S., Nahigian, S. J., Medway, J. M. ve Aronowitz, H. I.** (1984). Conservative surgical orthodontic adult rapid palatal expansion: sixteen cases. *Am J Orthod*, 86(3), 207-213.
- [17] **Timms, D.** (1968). An occlusal analysis of lateral maxillary expansion with midpalatal suture opening. *The Dental Practitioner and Dental Record*, 18(12), 435-441.
- [18] **Laudemann, K., Santo, G., Revilla, C., Harth, M., Kopp, S., Sader, R. A., ve ark.** (2011). Assessment of surgically assisted rapid maxillary expansion regarding pterygomaxillary disjunction using thin volume-rendering technique: in variance analysis and in reliability, accuracy, and validity. *J Oral Maxillofac Surg*, 69(10), 2631-2643.
- [19] **Seeberger, R., Kater, W., Davids, R. ve Thiele, O. C.** (2010). Long term effects of surgically assisted rapid maxillary expansion without performing osteotomy of the pterygoid plates. *J Craniomaxillofac Surg*, 38(3), 175-178.
- [20] **Norton, N. S.** (2016). *Netter's head and neck anatomy for dentistry e-book*. Elsevier Health Sciences.
- [21] **Arıncı K, E. A.** (2016). *Kemikler*. In: *Arıncı K, editor. Anatomi 1. cilt. Ankara: Güneş Kitabevi; 2016.*
. A. K., editör. Ankara: Güneş Kitabevi.
- [22] **M., C.** (2001). *Temel Anatomi*. Ankara ODTU Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim, 2001; 2001.
- [23] **Björk, A. ve Skieller, V.** (1977). Growth of the maxilla in three dimensions as revealed radiographically by the implant method. *Br J Orthod*, 4(2), 53-64.
- [24] **Ueki, K., Nakagawa, K., Marukawa, K. ve Yamamoto, E.** (2004). Le Fort I osteotomy using an ultrasonic bone curette to fracture the pterygoid plates. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 32(6), 381-386.
- [25] **Arıncı K, E. A.** (2016). *Dolaşım Sistemi*. In: *Arıncı K, editor. Anatomi 2. cilt. Ankara: Güneş Kitabevi; 2016.* A. K., editör. Ankara Güneş Kitabevi.
- [26] **Vacher, C., Onolfo, J. ve Barbet, J.** (2010). Is the pterygopalatomaxillary suture (sutura sphenomaxillaris) a growing suture in the fetus? *Surgical and radiologic anatomy*, 32(7), 689-692.
- [27] **Daniels, D. L., Mark, L. P., Ulmer, J. L., Mafee, M. F., McDaniel, J., Shah, N. C., ve ark.** (1998). Osseous anatomy of the pterygopalatine fossa. *AJNR: American Journal of Neuroradiology*, 19(8), 1423.
- [28] **Standring, S.** (2021). *Gray's anatomy e-book: the anatomical basis of clinical practice*. Elsevier Health Sciences.

- [29] **Hill, M., Chandra, R. K. ve Kern, R. C.** (2010). Approaches to the pterygopalatine space—Caldwell-Luc and beyond. *Operative Techniques in Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 21(2), 117-121.
- [30] **Şakul U. , B. B.** (2009). *Baş ve Boyun Klinik Bölgesel Anatomisi*. Özkan Matbaacılık
- [31] **de Silva Fo, O. G., Boas, C. V. ve Capellozza, L. F.** (1991). Rapid maxillary expansion in the primary and mixed dentitions: a cephalometric evaluation. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 100(2), 171-179.
- [32] **Kretschmer, W. B., Baciut, G., Baciut, M., Zoder, W. ve Wangerin, K.** (2011). Transverse stability of 3-piece Le Fort I osteotomies. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 69(3), 861-869.
- [33] **Aloufi, F., Preston, C. B. ve Zawawi, K. H.** (2012). Changes in the upper and lower pharyngeal airway spaces associated with rapid maxillary expansion. *International Scholarly Research Notices*, 2012.
- [34] **Vidya, V. ve Sumathi, F.** (2015). Rapid maxillary expansion as a standard treatment for obstructive sleep apnea syndrome: a systematic review. *J Dental Med Sci*, 14(2), 51-55.
- [35] **Betts NJ , S. R.** (2009). *Transverse maxillary distraction osteogenesis*. 2 ed. St. Louis, Missouri: Saunders Elsevier Inc. 219-237 s.
- [36] **Bishara, S. E., Burkey, P. S. ve Kharouf, J. G.** (1994). Dental and facial asymmetries: a review. *The Angle Orthodontist*, 64(2), 89-98.
- [37] **Gray, L. P.** (1975). Results of 310 cases of rapid maxillary expansion selected for medical reasons. *The Journal of Laryngology & Otology*, 89(6), 601-614.
- [38] **M., Ü.** (2015). *Büyüme ve Gelişim, Sefalometri, Etyoloji, Tanı*. . 151-209 s.
- [39] **Suri, L. ve Taneja, P.** (2008). Surgically assisted rapid palatal expansion: a literature review. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 133(2), 290-302.
- [40] **Reyneke, J. P.** (2003). Essentials of orthognathic surgery.
- [41] **Will, L. A.** (1995). *Transverse Maxillary Deformities: Diagnosis & Treatment*. University of Texas Southwestern Medical Center at Dallas.
- [42] **Jacobs, J. D., Bell, W. H., Williams, C. E. ve Kennedy III, J. W.** (1980). Control of the transverse dimension with surgery and orthodontics. *American journal of orthodontics*, 77(3), 284-306.

- [43] **Lehman Jr, J. A., Haas, A. J. ve Haas, D. G.** (1984). Surgical orthodontic correction of transverse maxillary deficiency: a simplified approach. *Plastic and reconstructive surgery*, 73(1), 62-68.
- [44] **Wertz, R. A.** (1970). Skeletal and dental changes accompanying rapid midpalatal suture opening. *American journal of orthodontics*, 58(1), 41-66.
- [45] **Loddi, P. P., Pereira, M. D., Wolosker, A. B., Hino, C. T., Kreniski, T. M. ve Ferreira, L. M.** (2008). Transverse effects after surgically assisted rapid maxillary expansion in the midpalatal suture using computed tomography. *Journal of Craniofacial Surgery*, 19(2), 433-438.
- [46] **Betts, N., Vanarsdall, R., Barber, H., Higgins-Barber, K. ve Fonseca, R.** (1995). Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency. *The International journal of adult orthodontics and orthognathic surgery*, 10(2), 75-96.
- [47] **Talaat, S., Kaboudan, A., Breuning, H., Ragy, N., Elshebiny, T., Kula, K., ve ark.** (2015). Reliability of linear and angular dental measurements with the OrthoMechanics Sequential Analyzer. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 147(2), 264-269.
- [48] **Ovsenik, M.** (2007). Assessment of malocclusion in the permanent dentition: reliability of intraoral measurements. *The European Journal of Orthodontics*, 29(6), 654-659.
- [49] **Ricketts, R. M.** (1981). Perspectives in the clinical application of cephalometrics: the first fifty years. *The Angle Orthodontist*, 51(2), 115-150.
- [50] **Tzou, C. H., Artner, N. M., Pona, I., Hold, A., Placheta, E., Kropatsch, W. G., ve ark.** (2014). Comparison of three-dimensional surface-imaging systems. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 67(4), 489-497.
- [51] **Harrell Jr, W. E.** (2007). Three-dimensional diagnosis and treatment planning: The use of 3D facial imaging and 3D cone beam CT in orthodontics and dentistry. *Australas Dent Pract*, 18, 102-113.
- [52] **Banning, L., Gerard, N., Steinberg, B. ve Bogdanoff, E.** (1996). Treatment of transverse maxillary deficiency with emphasis on surgically assisted-rapid maxillary expansion. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*, 17(2), 170, 174-178.
- [53] **Haas, A. J.** (1961). Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture. *The Angle Orthodontist*, 31(2), 73-90.
- [54] **Lines, P. A.** (1975). Adult rapid maxillary expansion with corticotomy. *American journal of orthodontics*, 67(1), 44-56.
- [55] **Pogrel, M., Kaban, L., Vargervik, K. ve Baumrind, S.** (1992). Surgically assisted rapid maxillary expansion in adults. *The International journal of adult orthodontics and orthognathic surgery*, 7(1), 37-41.

- [56] **Kennedy III, J. W., Bell, W. H., Kimbrough, O. ve James, W. B.** (1976). Osteotomy as an adjunct to rapid maxillary expansion. *American journal of orthodontics*, 70(2), 123-137.
- [57] **Shetty, V., Caridad, J., Caputo, A. A. ve Chaconas, S. J.** (1994). Biomechanical rationale for surgical-orthodontic expansion of the adult maxilla. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 52(7), 742-749.
- [58] **Silverstein, K. ve Quinn, P. D.** (1997). Surgically-assisted rapid palatal expansion for management of transverse maxillary deficiency. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 55(7), 725-727.
- [59] **Woods, M., Wiesenfeld, D. ve Probert, T.** (1997). Surgically-assisted maxillary expansion. *Australian dental journal*, 42(1), 38-42.
- [60] **Fonseca, R. J. M. R. D. T. T. A.** (2009). *Oral and maxillofacial surgery*. St. Louis, Mo.: Saunders/Elsevier.
- [61] **Mossaz, C., Byloff, F. ve Richter, M.** (1992). Unilateral and bilateral corticotomies for correction of maxillary transverse discrepancies. *The European Journal of Orthodontics*, 14(2), 110-116.
- [62] **Cobourne, M. T. ve DiBiase, A. T.** (2015). *Handbook of Orthodontics E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- [63] **Garib, D. G., Henriques, J. F. C., Janson, G., de Freitas, M. R. ve Fernandes, A. Y.** (2006). Periodontal effects of rapid maxillary expansion with tooth-tissue-borne and tooth-borne expanders: a computed tomography evaluation. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 129(6), 749-758.
- [64] **Gurgel, J. d. A., Tiago, C. ve Normando, D.** (2014). Transverse changes after surgically assisted rapid palatal expansion. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 43(3), 316-322.
- [65] **Memikoglu, T. U. T. ve İşeri, H.** (1999). Effects of a bonded rapid maxillary expansion appliance during orthodontic treatment. *The Angle Orthodontist*, 69(3), 251-256.
- [66] **İşeri, H. ve Özsoy, S.** (2004). Semirapid maxillary expansion—a study of long-term transverse effects in older adolescents and adults. *The Angle Orthodontist*, 74(1), 71-78.
- [67] **Mommaerts, M.** (1999). Transpalatal distraction as a method of maxillary expansion. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 37(4), 268-272.
- [68] **Koudstaal, M., Wolvius, E., Schulten, A., Hop, W. ve Van der Wal, K.** (2009). Stability, tipping and relapse of bone-borne versus tooth-borne surgically assisted rapid maxillary expansion; a prospective randomized patient trial. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 38(4), 308-315.

- [69] **Lanigan, D. T. ve Mintz, S. M.** (2002). Complications of surgically assisted rapid palatal expansion: review of the literature and report of a case. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 60(1), 104-110.
- [70] **Betts, N. J.** (2016). Surgically assisted maxillary expansion. *Atlas of the Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 24(1), 67-77.
- [71] **Turvey, T. ve Fonseca, R.** (1980). The anatomy of the internal maxillary artery in the pterygopalatine fossa: its relationship to maxillary surgery. *Journal of Oral Surgery (American Dental Association: 1965)*, 38(2), 92-95.
- [72] **Chuah, C. ve Mehra, P.** (2005). Bilateral lingual anesthesia following surgically assisted rapid palatal expansion: report of a case. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 63(3), 416-418.
- [73] **Zienkiewicz OC, T. R., Fox D.** (2014). *The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics*. Elsevier.
- [74] **Klues D, W. J., Souffrant R, Mittelmeier W, Bader R.** (2010). *Finite Element Analysis in Orthopaedic Biomechanics. Finite Element Analysis*. 151-171 s.
- [75] **Ramoğlu, S. ve Ozan, O.** (2014). Diş hekimliğinde sonlu elemanlar stres analiz yöntemi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 24(3).
- [76] **G., M.** (2013) *Mandibuler Lateral Defektlerde Klitli Ve Klitsiz Plak Ve Vida Sistemlerinin Üç Boyutlu Modelleme Ve Sonlu Elemanlar Analizi İle Değerlendirilmesi*
- [77] **Srirekha, A. ve Bashetty, K.** (2010). Infinite to finite: an overview of finite element analysis. *Indian Journal of Dental Research*, 21(3), 425.
- [78] **Sakaguchi, R. L. ve Powers, J. M.** (2012). *Craig's restorative dental materials-e-book*. Elsevier Health Sciences.
- [79] **Ö., A.** (2010). Sonlu Elemanlar Analizi: Derleme Bölüm I: Dişhekimliğinde Kullanım Alanları, Temel Kavramlar ve Eleman Tanımları. *Dicle Dişhekimliği Dergisi* 11, 18-23.
- [80] **Geramy, A. ve Sharafoddin, F.** (2003). Abfraction: 3D analysis by means of the finite element method. *Quintessence Int*, 34(7), 526-533.
- [81] **Chen, L., Guo, X., Li, Y. ve Li, T.** (2010). Finite element analysis for interfacial stress and fatigue behaviors of biomimetic titanium implant under static and dynamic loading conditions. *Zhong nan da xue xue bao Yi xue ban= Journal of Central South University Medical Sciences*, 35(7), 662-672.
- [82] **Hartono, N., Soegiharto, B. M. ve Widayati, R.** (2018). The difference of stress distribution of maxillary expansion using rapid maxillary expander

- (RME) and maxillary skeletal expander (MSE)—a finite element analysis. *Progress in Orthodontics*, 19(1), 33.
- [83] **de Assis, D. S. F. R., Xavier, T. A., Noritomi, P. Y. ve Gonçales, E. S.** (2014). Finite element analysis of bone stress after SARPE. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 72(1), 167. e161-167. e167.
- [84] **Tan, E.** (2014). Hızlı üst çene genişletmesinde kullanılan üç farklı apareyin üst çenenin farklı kemikleşme dönemlerinde uygulanmasıyla üst çene ve çevresindeki kemiklerde meydana gelen değişikliklerin sonlu elemanlar analizi ile değerlendirilmesi.
- [85] **Hamedi Sangsari, A., Sadr-Eshkevari, P., Al-Dam, A., Friedrich, R. E., Freymiller, E. ve Rashad, A.** (2016). Surgically Assisted Rapid Palatomaxillary Expansion With or Without Pterygomaxillary Disjunction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Oral Maxillofac Surg*, 74(2), 338-348.
- [86] **Betts, N. ve Ziccardi, V.** (2000). Surgically assisted rapid palatal expansion. Fonseca RJ, ed. *Oral and maxillofacial surgery orthognathic surgery*, 2, 211-231.
- [87] **Möhlhenrich, S. C., Modabber, A., Kamal, M., Fritz, U., Prescher, A. ve Hölzle, F.** (2016). Three-dimensional effects of pterygomaxillary disconnection during surgically assisted rapid palatal expansion: a cadaveric study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 121(6), 602-608.
- [88] **Sygouros, A., Motro, M., Ugurlu, F. ve Acar, A.** (2014). Surgically assisted rapid maxillary expansion: cone-beam computed tomography evaluation of different surgical techniques and their effects on the maxillary dentoskeletal complex. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 146(6), 748-757.
- [89] **Kilic, E., Kilic, B., Kurt, G., Sakin, C. ve Alkan, A.** (2013). Effects of surgically assisted rapid palatal expansion with and without pterygomaxillary disjunction on dental and skeletal structures: a retrospective review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 115(2), 167-174.
- [90] **Moura, L. B., Spin-Neto, R., Sverzut, C. E., Monnazzi, M. d. S., Trivellato, A. E., Gabrielli, M. A. C., ve ark.** (2016). Evaluation of the palatal split pattern in surgically rapid maxillary expansion—comparison of two techniques. *Oral and maxillofacial surgery*, 20(3), 255-258.
- [91] **Chin, Y.-P., Leno, M. B., Dumrongwongsiri, S., Chung, K. H., Lin, H.-H. ve Lo, L.-J.** (2017). The pterygomaxillary junction: An imaging study for surgical information of LeFort I osteotomy. *Scientific Reports*, 7(1), 1-11.

- [92] **Lo, L.-J., Hung, K.-F. ve Chen, Y.-R.** (2002). Blindness as a complication of Le Fort I osteotomy for maxillary distraction. *Plastic and reconstructive surgery*, 109(2), 688-698; discussion 699.
- [93] **Kim, D.-Y., Cho, Y.-C., Sung, I.-Y., Yun, D.-K., Kim, M.-U., Kim, J.-U., ve ark.** (2013). Anatomic study of pterygomaxillary junctions in Koreans. *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery*, 35(6), 368-375.
- [94] **Möhlhenrich, S. C., Modabber, A., Kniha, K., Peters, F., Steiner, T., Hölzle, F., ve ark.** (2017). Simulation of three surgical techniques combined with two different bone-borne forces for surgically assisted rapid palatal expansion of the maxillofacial complex: a finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 46(10), 1306-1314.
- [95] **Nada, R. M., Fudalej, P. S., Maal, T. J., Bergé, S. J., Mostafa, Y. A. ve Kuijpers-Jagtman, A. M.** (2012). Three-dimensional prospective evaluation of tooth-borne and bone-borne surgically assisted rapid maxillary expansion. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 40(8), 757-762.
- [96] **Zandi, M., Miresmaeili, A. ve Heidari, A.** (2014). Short-term skeletal and dental changes following bone-borne versus tooth-borne surgically assisted rapid maxillary expansion: a randomized clinical trial study. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 42(7), 1190-1195.
- [97] **Yang, C., Wang, C., Deng, F. ve Fan, Y.** (2015). Biomechanical effects of corticotomy approaches on dentoalveolar structures during canine retraction: a 3-dimensional finite element analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 148(3), 457-465.
- [98] **Ulusoy, Ç. ve Dogan, M.** (2018). A new method for the treatment of unilateral posterior cross-bite: a three-dimensional finite element stress analysis study. *Progress in Orthodontics*, 19(1), 1-9.
- [99] **Anderson, T. L.** (2017). *Fracture mechanics: fundamentals and applications*. CRC press.
- [100] **Gautam, P., Valiathan, A. ve Adhikari, R.** (2007). Stress and displacement patterns in the craniofacial skeleton with rapid maxillary expansion: a finite element method study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 132(1), 5. e1-5. e11.
- [101] **Esen, A., Soganci, E., Dolanmaz, E. ve Dolanmaz, D.** (2018). Evaluation of stress by finite element analysis of the midface and skull base at the time of midpalatal osteotomy in models with or without pterygomaxillary dysjunction. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 56(3), 177-181.
- [102] **Yoon, S., Lee, D.-Y. ve Jung, S.-K.** (2019). Influence of changing various parameters in miniscrew-assisted rapid palatal expansion: a three-dimensional finite element analysis. *The korean journal of orthodontics*, 49(3), 150-160.

EKLER

EK : Etik Kurul Onayı

Evrak Tarih ve Sayısı: 13/10/2020-11926



T.C.
BEZMİÂLEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu



Sayı : 54022451-050.05.04-
Konu : Etik Kurul Kararı

Sayın Prof.Dr. Doğan DOLANMAZ

06.10.2020 tarihinde yapılan Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu toplantısında "Pterigo-Maksiller Bileşke Yapısının Cerrahi Destekli Maksiller Genişletme İşlemine Etkisinin Sonlu Eleman Analiziyle İncelenmesi" başlıklı başvurunuz değerlendirilmiş olup karar yazısı ektedir.

Bilgilerinize.

e-İmzalıdır

Prof.Dr. İsmail MERAL
Başkan

12/10/2020 Sek.

Bilgihan BAŞTUĞ

Adres:Bezmialem Vakıf Üniversitesi Adnan Menderes Bulvarı (Vatan Caddesi) Fatih / İstanbul
Telefon:0 (212) 523 22 88 Faks0 (212) 533 23 26
e-Posta:info@bezmialem.edu.tr Elektronik Ağ:www.bezmialem.edu.tr

Bilgi için: Bilgihan BAŞTUĞ
Unvanı: Sekreter

Bu belge 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Melis HAYDARPAŞA

Doğum Tarihi ve Yeri :

E-posta :

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2016, Yeditepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Diş Hekimliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2018-2022 Doktora Öğrencisi, Bezmialem Vakıf Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş Çene Cerrahisi Ana Bilim Dalı