



**T.C.  
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**FARKLI OSTEOTOMİ TEKNİKLERİNİN MAKSİLLER  
EKSPANSİYON ÜZERİNE ETKİSİNİN SONLU ELEMAN ANALİZ  
YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dt. Tayfun Tolgay ÇELİK**

**AĞIZ DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ ANABİLİM DALI UZMANLIK TEZİ**

**Ocak 2020  
BOLU**





**T.C.  
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**FARKLI OSTEOTOMİ TEKNİKLERİNİN MAKSİLLER  
EKSPANSİYON ÜZERİNE ETKİSİNİN SONLU ELEMAN ANALİZ  
YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dt. Tayfun Tolgay ÇELİK**

**AĞIZ DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ ANABİLİM DALI UZMANLIK TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI  
Doç. Dr. Orçun TOPTAŞ**

Bu çalışma Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. (Proje numarası: 2019.06.01.1417)

**Ocak 2020  
BOLU**

## ONAY SAYFASI

T.C.  
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ  
DIŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
Tez Onay Belgesi

Tezin Başlığı : Pentli Osteotomi Tekniklerinin Maksiller Ekspansiyon  
üzzerine Etkisinin Sadece Elementer Analiz Yöntemiyle  
Değerlendirilmesi

Tezin Savunma Tarihi : 16/11/2020

Tezin Danışmanı : Doç. Dr. Osman GÖPŞAĞ

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Derviş YILMAZ

Üye : Prof. Dr. Nurhan GÜLLER

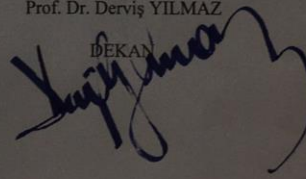
Üye : Doç. Dr. Osman GÖPŞAĞ

### DEKANLIK ONAYI

Bu tez Uzmanlık Tezi standartlarına uygun bulunmuştur.

Prof. Dr. Derviş YILMAZ

DEKAN



## ÖZET

### FARKLI OSTEOTOMİ TEKNİKLERİNİN MAKSİLLER EKSPANSİYON ÜZERİNE ETKİSİNİN SONLU ELEMAN ANALİZ YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Hızlı üst çene genişletmesi büyüme ve gelişme çağındaki bireylerde damağa çeşitli yöntemlerle yerleştirilen apareyler yardımıyla mid-palatal suturda genişleme sağlanmasıdır. Yüz kemiklerindeki gelişim tamamlandıktan sonra suturlar bu genişlemeye karşı bir direnç gösterir. Maksilla etrafındaki kemiklerde ve suturların ossifikasyonunun tamamlanmasıyla genişletmeye karşı bir direnç gelişir. Apareylerin uyguladığı genişletme etkisine karşı oluşan direnci kırmak amacıyla cerrahi destekli hızlı üst çene genişletme yöntemi geliştirilmiştir. Hızlı üst çene genişletmesi prosedürü maksillaya ve palatinal kemiğe belli bölgelerde osteotomi yapılarak genişlemeye karşı direnci ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Bu prosedür cerrahi ve ortodontik yöntemlerin bir kombinasyonudur. Cerrahi destekli hızlı üst çene genişletme prosedürü distraksiyon osteogenezinin bir türüdür. Cerrahi prosedürde, genişlemeye karşı direncin yüksek olduğu piriform rim, zigomatik buttress alanlarına kortikotomi yapılır. Palatinal kemik de arka bölgede önemli bir direnç noktası olduğu için osteotomi yardımıyla ayrılır. Bu ayrılma işleminden sonra damağa yerleştirilen genişletme apareyleri distraksiyon osteogenezinde olduğu gibi belli aralıklarla aktiflenerek genişletme yapılır. Literatürde cerrahi destekli hızlı üst çene genişletme prosedürü için yüksek le fort yaklaşımı, modifiye cerrahi destekli hızlı üst çene genişletme, 2 ve 3 segmentli cerrahi destekli hızlı üst çene genişletme, glasman, basamaklı osteotomi, tek taraflı kortikotomi gibi birçok cerrahi teknik tanımlanmıştır. Çalışmamızdaki amaç cerrahi destekli maksiller genişletme tekniklerinin maksilla ve yüz kemikleri üzerindeki etkisini ve genişletme etkinliğini, sonlu eleman analizi (SEA) adı verilen yöntem kullanılarak karşılaştırılmasıdır. Sonlu eleman analizi özellikle mühendislik uygulamalarında sıklıkla kullanılan bir yöntemdir.

**Anahtar Kelimeler:** Cerrahi destekli hızlı üst çene genişletilmesi, Sonlu eleman analizi, Farklı osteotomi teknikleri.

## ABSTRACT

### EVALUATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT OSTEOTOMY TECHNIQUES ON MAXILLARY EXPANSION BY FINITE ELEMENT ANALYSIS

Rapid upper jaw expansion is providing the mid-palatal suture expansion with the help of the apparatus placed on the palate by various methods in individuals of growth and developmental age. After the development of the facial bones, sutures show resistance to this expansion. Resistance to expansion develops in the bones around the maxilla after the completion of ossification of the sutures. To break the resistance against the expansion effect applied by the apparatuses, a surgical upper jaw expansion method has been developed. The rapid maxillary expansion procedure aims to eliminate resistance to expansion by performing osteotomy on the maxilla and palatine bone at certain sites. This procedure is a combination of surgical and orthodontic methods. Surgical assisted rapid upper jaw expansion procedure is a type of distraction osteogenesis. In the surgical procedure, corticotomy is performed on the areas of the pyriform rim and zygomatic buttress where the resistance to expansion is high. Since the palatine bone is an important point of resistance in the posterior region, it is separated with the help of osteotomy. After this separation, expansion devices placed on the palate are activated at certain intervals as in distraction osteogenesis. Several surgical techniques have been described in the literature such as high le fort approach for surgical assisted rapid maxillary enlargement procedure, rapid maxillary expansion with modified surgical support, rapid maxillary expansion with 2 and 3 segments, Glassman, stepped osteotomy, unilateral corticotomy. This study aimed to compare the effect of surgical assisted maxillary expansion techniques on the maxilla and facial bones and the efficacy of dilatation by using finite element analysis (SEA) method. Finite element analysis is a frequently used method, especially in engineering applications.

**Keywords:** Surgical assisted rapid maxillary expansion, Finite element analysis, Different osteotomy techniques.

## TEZ BİLDİRİMİ

Yapmış olduğum bu tez çalışmamdaki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Tayfun Tolgay ÇELİK



# İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI.....	iii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT .....	iv
İÇİNDEKİLER .....	vi
ŞEKİLLER .....	ix
TABLolar .....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xiv
TEŞEKKÜR .....	xv
GİRİŞ .....	1
<b>2. GENEL BİLGİLER.....</b>	<b>2</b>
2.1. Maksillanın anatomisi.....	2
2.2. Palatin kemiğin anatomisi.....	4
2.3. Transvers Maksiller Darlık .....	4
2.3.1. Teşhisi .....	4
2.3.2. Etyolojisi .....	5
2.3.3. Maksiller transvers darlığın tedavisi .....	5
2.3.3.1. Yavaş üst çene genişletmesi (YÜG) .....	5
2.3.3.2. Hızlı üst çene genişletmesi .....	6
2.3.3.3. Hızlı üst çene genişletilmesi sonrasında görülen değişiklikler .....	6
2.3.3.4. Hızlı üst çene genişletmesinin endikasyonları.....	7
2.3.3.5 Hızlı üst çene genişletmesinin kontrendikasyonları .....	8
2.3.3.6. Cerrahi destekli hızlı üst çene genişletilmesi.....	8
2.3.3.7. Cerrahi teknik .....	9
2.3.3.8. Endikasyonlar .....	11
2.3.3.9. Cerrahi destekli hızlı üst çene genişletmenin komplikasyonları .....	11
2.3.3.10. Aktivasyon protokolü .....	12
2.3.4. Genişletme işleminde kullanılan apareyler .....	12
2.3.4.1. Diş ve doku destekli genişletme apareyi (Haas apareyi) ..	12
2.3.4.2. Diş destekli genişletme apareyi (Hyrax apareyi).....	13



2.3.4.3. Bonded genişletme apareyi.....	14
2.3.4.4 Kemik destekli genişletme apareyi .....	15
2.4. Stres Analiz Yöntemleri .....	16
2.4.1. Sonlu eleman analiz yöntemi .....	16
2.4.1.1 Sonlu eleman analizinin avantajları.....	16
2.4.1.2 Sonlu eleman analizinin dezavantajları .....	17
2.4.1.3 Sonlu eleman analizinin maksillofasiyal cerrahideki uygulamaları .....	17
2.4.2 Analize hazırlık .....	17
2.4.2.1 Geometrinin oluşturulması .....	17
2.4.2.2 Elemanların belirlenmesi .....	18
2.4.2.3 Materyal özelliklerinin tanımlanması .....	18
2.4.2.4 Meshleme işlemi .....	18
2.4.2.5 Sınır koşullarının belirlenmesi.....	19
2.4.3 Stres analizinde kullanılan kavramlar .....	19
2.4.3.1. Kuvvet.....	19
2.4.3.2. Gerilme .....	19
2.4.3.3. Gerinim .....	19
2.4.3.4. Poisson oranı.....	20
2.4.3.5. Elastiklik modülü.....	20
2.4.3.6. Akma noktası (Yield point) .....	20
2.4.3.7. Von Mises stresi .....	21
2.4.3.8. Mohr dairesi ve asal gerilmeler. ....	21
<b>3. GEREÇ VE YÖNTEM.....</b>	<b>23</b>
3.1 Materyal Özellikleri.....	23
3.2. Tez çalışmamızdaki modellerde kullanılacak osteotomi dizaynları.....	34
3.2.1. Konvansiyonel osteotomi.....	35
3.2.2. Basamaklı osteotomi. ....	36
3.2.3. Unilateral osteotomi. ....	37
3.2.4. Kuadrangular lefort-1 osteotomisi (High lefort osteotomisi).....	38
3.2.5. Modifiye osteotomi. ....	39
3.2.6. 3 segmentli osteotomi. ....	40

3.2.7. 2 segmentli osteotomi. ....	41
<b>4.BULGULAR</b> .....	<b>42</b>
<b>5. TARTIŞMA</b> .....	<b>73</b>
<b>6.SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>82</b>
<b>7. KAYNAKLAR</b> .....	<b>83</b>
<b>8. ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>93</b>



## ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Sert ve yumuşak damağın yapısı. Netter's head and neck anatomy for dentistry'den (9) alınmıştır.....	2
Şekil 2.2. Palatin kemiğın anatomisi. Netter's head and neck anatomy for dentistry'den (9) alınmıştır.....	3
Şekil 2.3. HÜG esnasında alveol kemiğın rotasyonu. Peterson's principals of oral and maxillofacial surgery third edition'dan (8) alınmıştır.....	7
Şekil 2.4. Maksiller anterior bölgede osteotomun yönlendirilmesi. Peterson's principals of oral and maxillofacial surgery third edition'dan (8) alınmıştır. ...	10
Şekil 2.5. Haas genişletme apareyi. Garib ve ark. (53)'ndan alınmıştır. ....	13
Şekil 2.6. Hyrax genişletme apareyi. Andre ve ark. (56)'ndan alınmıştır.....	14
Şekil 2.7. Bonded genişletme apareyi. Wendling ve ark. (56)'ndan alınmıştır...	14
Şekil 2.8. Kemik destekli genişletme apareyi. Günbay ve ark. (58)'ndan alınmıştır. ....	15
Şekil 2.9. Kompakt kemiğın gerilme gerinim eğrisi. Sharir ve ark. (72)'ndan alınmıştır. ....	20
Şekil 2.10. A) Cisme etki eden kayma stresi ve normal stresler (çekme ve basma); B) Minimum ve maksimum, asal stresler. Viecilli ve ark. (75)'ndan alınmıştır. 21	
Şekil 2.11. Şekil 2.8 Mohr çemberi ve asal gerilmeler. Mechanics of materials'dan (76) alınmıştır. ....	22
Şekil 3.1. SEA'da kullanılan eleman tipleri Ramoğlu M. (81)'ndan alınmıştır. 25	
Şekil 3.2. Kafatasının mimics yazılımı yardımıyla modellenmesi. ....	26
Şekil 3.3. Mimics yazılımı yardımıyla dişlerin modellenmesi. ....	27
Şekil 3.4. Mid-palatal suturun modellemesi. ....	27
Şekil 3.5. Palatal mukozanın modellemesi. ....	28
Şekil 3 6. Modellerin birleştirilme işlemi. ....	29
Şekil 3.7. Hyrax genişletme apareyinin bilgisayar destekli tasarım modeli. ....	29
Şekil 3.8. Hyrax genişletme apareyinin modellenmesi.....	30
Şekil 3.9. Bonded genişletme apareyinin modellenmesi. ....	30
Şekil 3.10. Haas genişletme apareyinin modellenmesi.....	31
Şekil 3.11. Sınır koşullarının belirlenmesi. ....	31

Şekil 3.12. Dişler, PDL, palatal mukoza, mid-palatal sutur ve kafatasının sonlu eleman modelleri. ....	32
Şekil 3.13. Osteotomi hatlarının (pterigomaksiller osteotomi) modellenmesi. ...	33
Şekil 3.14. Konvansiyonel osteotomi modeli frontalden görünüm. ....	35
Şekil 3.15. Konvansiyonel osteotomi modeli lateralden görünüm. ....	35
Şekil 3.16. Basamaklı osteotomi modeli frontalden görünüm. ....	36
Şekil 3.17. Basamaklı osteotomi modeli lateralden görünüm. ....	36
Şekil 3.18. Unilateral osteotomi modeli frontalden görünüm. ....	37
Şekil 3.19. Unilateral osteotomi modeli lateralden görünüm. ....	37
Şekil 3.20. Kuadrangular lefort-1 osteotomisi modeli frontalden görünüm. ....	38
Şekil 3.21. Kuadrangular lefort-1 osteotomisi modeli lateralden görünüm. ....	38
Şekil 3.22. Modifiye osteotomi modeli frontalden görünüm. ....	39
Şekil 3.23. Modifiye osteotomi modeli lateralden görünüm. ....	39
Şekil 3.24. 3 segmentli osteotomi modeli frontalden görünüm. ....	40
Şekil 3.25. 3 segmentli osteotomi modeli lateralden görünüm. ....	40
Şekil 3.26. 2 segmentli osteotomi modeli frontalden görünüm. ....	41
Şekil 3.27. 2 segmentli osteotomi modeli lateralden görünüm. ....	41
Şekil 4.1. Yer değiştirme ölçümlerinin yapıldığı eksenler. ....	42
Şekil 4.2. konvansiyonel osteotomi x ekseninde yer değiştirme. ....	46
Şekil 4.3. Konvansiyonel osteotomi Y ekseninde yer değiştirme. ....	46
Şekil 4.4. Konvansiyonel osteotomi z ekseninde yer değiştirme. ....	47
Şekil 4.5. Basamaklı osteotomi x eseninde yer değiştirme. ....	49
Şekil 4.6 Basamaklı osteotomi y eseninde yer değiştirme. ....	49
Şekil 4.7. Basamaklı osteotomi z eseninde yer değiştirme. ....	50
Şekil 4.8. Unilateral osteotomi x ekseninde yer değiştirme. ....	52
Şekil 4.9. Unilateral osteotomi y ekseninde yer değiştirme. ....	52
Şekil 4.10. Unilateral osteotomi y ekseninde yer değiştirme. ....	53
Şekil 4.11. 3 segmentli osteotomide x ekseninde yer değiştirme. ....	55
Şekil 4.12. 3 segmentli osteotomide y ekseninde yer değiştirme. ....	55
Şekil 4.13. 3 segmentli osteotomide z ekseninde yer değiştirme. ....	56
Şekil 4.14. 2 segmentli osteotomide x ekseninde yer değiştirme. ....	58
Şekil 4.15. 2 segmentli osteotomide y ekseninde yer değiştirme. ....	58

Şekil 4.16. 2 segmentli osteotomide z ekseninde yer değiştirme. ....	59
Şekil 4.17. Modifiye osteotomide x ekseninde yer değiştirme. ....	61
Şekil 4.18. Modifiye osteotomide y ekseninde yer değiştirme. ....	61
Şekil 4.19. Modifiye osteotomide z ekseninde yer değiştirme. ....	62
Şekil 4.20. High le-fort osteotomisinde x ekseninde yer değiştirme. ....	64
Şekil 4.21. High le-fort osteotomisinde y ekseninde yer değiştirme. ....	64
Şekil 4.22. High le-fort osteotomisinde z ekseninde yer değiştirme.....	65
Şekil 4.23. Kesi 1 aparey 1 (Konvansiyonel osteotomi ve hyrax) grubuna ait von mises stres dağılımı. ....	66
Şekil 4.24. Kesi 1 aparey 2 (Konvansiyonel osteotomi ve bonded) grubuna ait von mises stres dağılımı. ....	66
Şekil 4.25. Kesi 1 aparey 3 (Konvansiyonel osteotomi ve hyrax) grubuna ait von mises stres dağılımı. ....	66
Şekil 4.26. Kesi 2 aparey 1 (Basamaklı osteotomi ve hyrax) grubuna ait von mises stres dağılımı.....	67
Şekil 4.27. Kesi 2 aparey 1 (Basamaklı osteotomi ve bonded) grubuna ait von mises stres dağılımı. ....	67
Şekil 4.28. Kesi 2 aparey 3 (Basamaklı osteotomi ve haas) grubuna ait von mises stres dağılımı.....	67
Şekil 4.29. Kesi 3 aparey 1 (Unilateral osteotomi ve hyrax) grubuna ait von mises stres dağılımı.....	68
Şekil 4.30. Kesi 3 aparey 2 (Unilateral osteotomi ve bonded) grubuna ait von mises stres dağılımı. ....	68
Şekil 4.31. Kesi 3 aparey 3 (Unilateral osteotomi ve haas) grubuna ait von mises stres dağılımı.....	68
Şekil 4.32. Kesi 4 aparey 1 (high le-fort osteotomisi ve hyrax) grubuna ait von mises stres dağılımı. ....	69
Şekil 4.33. Kesi 4 aparey 2 (High le-fort osteotomisi ve bonded) grubuna ait von mises stres dağılımı. ....	69
Şekil 4.34. Kesi 4 aparey 3 (High le-fort osteotomisi ve haas) grubuna ait von mises stres dağılımı .....	69

Şekil 4.35. Kesi 5 aparey 1 (modifiye osteotomi ve hyrax) grubuna ait von mises stres dağılımı.....	70
Şekil 4.36. Kesi 5 aparey 2 (modifiye osteotomi ve bonded) grubuna ait von mises stres dağılımı.....	70
Şekil 4.37. Kesi 5 aparey 3 (modifiye osteotomi ve haas) grubuna ait von mises stres dağılımı.....	70
Şekil 4.38. Kesi 6 aparey 1 (3 segmentli osteotomi ve hyrax) grubuna ait von mises stres dağılımı.....	71
Şekil 4.39. Kesi 6 aparey 2 (3 segmentli osteotomi ve bonded) grubuna ait von mises stres dağılımı. ....	71
Şekil 4.40. Kesi 6 aparey 3 (3 segmentli osteotomi ve haas) grubuna ait von mises stres dağılımı.....	71
Şekil 4.41. Kesi 7 aparey 1 (2 segmentli osteotomi ve hyrax) grubuna ait von mises stres dağılımı.....	72
Şekil 4.42. Kesi 7 aparey 2 (2 segmentli osteotomi ve bonded) grubuna ait von mises stres dağılımı. ....	72
Şekil 4.43. Kesi 7 aparey 3 (2 segmentli ve haas) grubuna ait von mises stres dağılımı.....	72

## TABLULAR

<b>Tablo 3.1. Materyal özellikleri. ....</b>	<b>24</b>
<b>Tablo 3.2 Çalışmamızda kullanılan osteotomi teknikleri. ....</b>	<b>34</b>
<b>Tablo 4.1. Konvansiyonel osteotomi. ....</b>	<b>43</b>
<b>Tablo 4.1. Devam Konvansiyonel osteotomi. ....</b>	<b>44</b>
<b>Tablo 4.2. Basamaklı osteotomi. ....</b>	<b>47</b>
<b>Tablo 4.2. Devam Basamaklı osteotomi. ....</b>	<b>48</b>
<b>Tablo 4.3. Unilateral osteotomi. ....</b>	<b>50</b>
<b>Tablo 4.3. Devam Unilateral osteotomi. ....</b>	<b>51</b>
<b>Tablo 4.4. 3 segmentli osteotomi. ....</b>	<b>53</b>
<b>Tablo 4.4. 3. Devam 3 segmentli osteotomi. ....</b>	<b>54</b>
<b>Tablo 4.5. 2 segmentli osteotomi. ....</b>	<b>56</b>
<b>Tablo 4.5. Devam 2 segmentli osteotomi. ....</b>	<b>57</b>
<b>Tablo 4.6. Modifiye osteotomi. ....</b>	<b>59</b>
<b>Tablo 4.6. Devam Modifiye osteotomi. ....</b>	<b>60</b>
<b>4.7. High le-fort osteotomisi. ....</b>	<b>62</b>
<b>4.7. Devam High le-fort osteotomisi. ....</b>	<b>63</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

ANS	Anterior nazal spina
BT	Bilgisayarlı tomografi
CDHÜG	Cerrahi destekli hızlı üst çene genişletmesi
HÜG	Hızlı üst çene genişletmesi
KIBT	Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi
kvp	Kilovoltaj
ma	Miliamper
MAP	Maksimum principal stres
MİP	Minimum principal stres
mm	Milimetre
MPA	Megapaskal
PDL	Periodontal ligament
PNS	Posterior nazal spina
SEA	Sonlu eleman analizi
TMD	Transvers Maksiller Darlık
TME	Temporomandibular eklem
YÜG	Yavaş Üst Çene Genişletmesi
%	Yüzde
$\sigma$	Normal stres (sigma)
$\tau$	Kesme stresi (tau)



## TEŞEKKÜR

Çalışmamın her basamağında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, bilimsel ve teknik olarak çalışma boyunca hoşgörüle yol gösteren, uzmanlık ve klinik çalışma sürem boyunca desteğini esirgemeyen tez danışmanım ve aynı zamanda Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı Başkanı değerli hocam Doç. Dr. Orçun TOPTAŞ'a,

Uzmanlık eğitimim boyunca birlikte çalıştığımız sürelerde desteklerinin esirgemeyen hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Neşet AKAY ve Dr. Öğr. Üyesi Sadi MEMİŞ'e

Tezimle ilgili yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Koray Onur ŞANAL'a

Çalışmamda modellerin bilgisayar ortamında hazırlanmasını sağlayan, analizini yapan ve kısıtlı sürede desteğini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Hakan OFLAZ'a

Uzmanlık sürem boyunca desteklerini esirgemeyen değerli asistan arkadaşlarım Sinan BULUT, Betül CENGİZ DURAN, Mert CAN, Alperen ERDAL, Zübeyir BAŞ, Âdem Ali AKDERE, Büşra MEŞECİ ve Murat CANBOLAT'a

Ekip olarak güzel işler yaptığımız ameliyathane hemşireleri ve bölüm yardımcı personellerine,

Beni yetiştiren, desteklerini esirgemeyen bugüne kadar ulaştığım her başarıda en büyük pay sahibi olan kıymetli annem ve babama ve kardeşlerime,

Hayat arkadaşım ve en büyük destekçim her daim yanımda olan Çağla ŞAHİN'e

SONSUZ TEŞEKKÜRLER...

## GİRİŞ

Hızlı üst çene genişletilmesi (HÜG) üst çene transvers yetersizliği olan bireylerde, yetersizliğin ortodontik apareyler yardımıyla giderilmesi amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Genişletme işleminde aparey yardımıyla mid-palatal suturda açılma sağlanarak maksillanın genişletilmesi amaçlanır. HÜG sonrasında mid-palatal suturda açılma, molar dişlerde devrilme, alveolar arkta laterale doğru genişleme görülmüştür (1). HÜG’de ortodontik limitleri aşan kuvvetler uygulanarak mid-palatal sutur ve etrafındaki suturlardaki direncin kırılması ve iskeletsel bir genişletilme amaçlanmaktadır (2). HÜG tek taraflı çapraz kapanış, çift taraflı çapraz kapanış ve derin damak kubbesi gibi problemlerin düzeltilmesinde etkili bir yöntemdir (3).

Puberte sonrası bireylerde mid-palatal suturun gelişimini tamamlaması sebebiyle üst çenede genişletme işlemine karşı bir direnç oluşacaktır. Direnç sebebiyle istenilen iskeletsel etki oluşmayacaktır. Bazı yazarlar mid-palatal suturun kapanma yaşını erkeklerde 18 kızlarda 21 yaş olarak belirtmişlerdir (4).

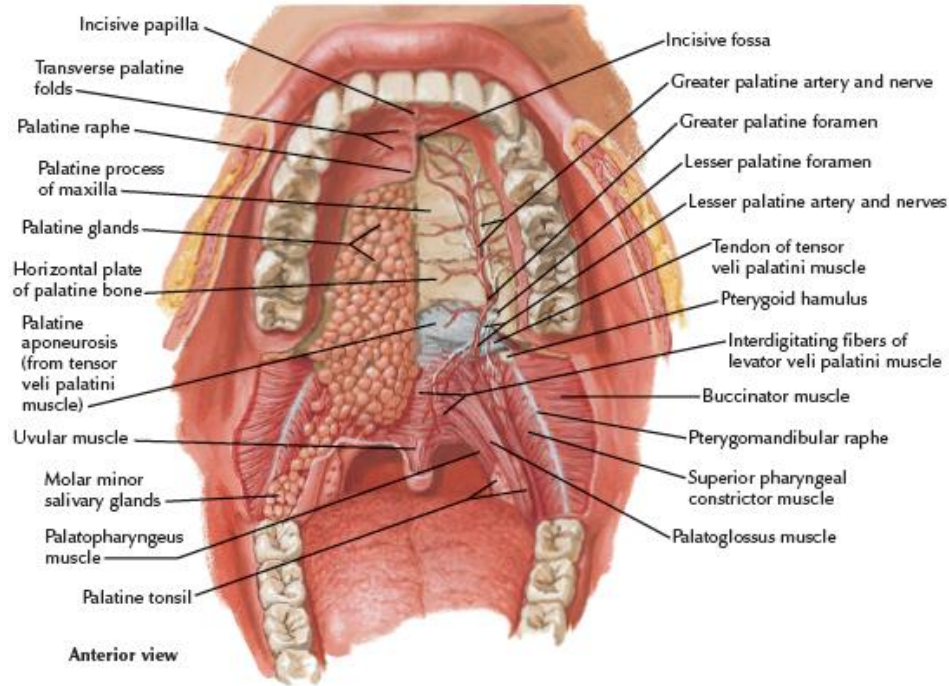
Cerrahi destekli hızlı üst çene genişletilmesi (CDHÜG) üst çenenin belli bölgelerinden HÜG’ye direnç oluşması sebebiyle cerrahi olarak serbestleştirilmesi işlemidir (5). Bazı kaynaklara göre erişkinlerde genişletme işlemine karşı olan direncin mid-palatal suturda değil maksilla etrafındaki komşu kemiklerde meydana geldiği düşünülmektedir (6). Maksillada bazı noktalarda osteotomi yapılarak bu direncin ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır.

Çalışmamızdaki amaç maksillanın farklı osteotomi teknikleri kullanılarak serbestleştirilmesi ve bu tekniklerin maksilla ve mid-palatal sutur üzerine etkilerinin incelenmesidir. Osteotomilerin maksillaya ve mid-palatal sutur etkisi sonlu eleman analizi adı verilen mühendislik uygulamalarında sıklıkla kullanılan bir yöntem yardımıyla yapılacaktır.

## 2. GENEL BİLGİLER

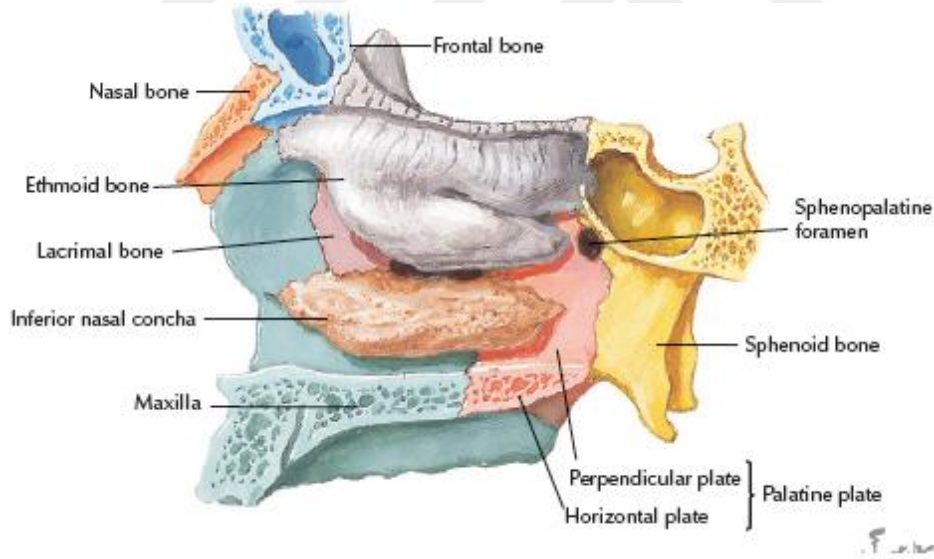
### 2.1. Maksillanın anatomisi

Maksilla, mandibulla ile çiğneme sisteminin yapısına katılan dental ve alveolar yapıları içinde bulunduran yüz kemiklerinden biridir. Maksiller sinüs, orbita, nazal taban, pterigopalatin fossa, infratemporal fossa ve ağız boşluğu gibi önemli anatomik yapıların yapısına katılır (7). Maksilla diğer yüz kemikleriyle sutur adı verilen anatomik yapılar yardımıyla bağlantı kurmaktadır. Maksillanın nazal, zigomatik, ethmoidal, vomer, alt nazal konka, lakrimal, frontal, palatinal ve zigomatik kemikle komşuluğu vardır (7). Maksillanın nazal, alveolar, frontal ve zigomatik olmak üzere 4 adet çıkıntısı vardır. Maksiller sinüs adı verilen paranasal sinüsü içerir. Maksillanın anterior kısmı maksiller sinüsün anterolateral duvarından oluşur. İnfraorbital foramende inferior orbital rim ve alveolar proses arasında konumlanır. Maksillanın bukkal yüzeyinde diş köklerinin oluşturduğu alveolar juga adı verilen anatomik yapılar vardır (8). Maksilla anteriorda apertura piriformis alveolar prosesler tarafından çevrelenir.



Şekil 2.1. Sert ve yumuşak damağın yapısı. Netter's head and neck anatomy for dentistry'den (9) alınmıştır.

Maksilla nazal kavitenin orta kısmında nazal kartilaj, vomer ve etmoid kemiğin perpendiküler laminasıyla birleşir. Septal kartilaj nazomaksiller kretteki oluğa oturur. Premaksillanın maksilla ile birleştiği bölgede içinde nazopalatin arterin ve sinirlerin geçtiği insiziv foramen adı verilen yapı bulunur. Maksilla palatin kemikle posteriorda birleşerek sert damağın yapısını oluşturur, bu birleşim sert damağın bittiği kısmın 1 cm anteriorunda bulunur ve sutur palatina transversa'yı oluşturur. Sutura palatina media genişler ve palatin kemiğin horizontal laminasının iki kanadı medial palatal suturun arka kısmında birleşir ve suturun yapısı tamamlanmış olur (şekil 2.1). Palatin kemikle süperior yönde pterigopalatin fossayı ve canalis palatinum majusu oluşturur. Üst çeneye yönelik cerrahi yaklaşımlarda bu bölgedeki vasküler yapıların korunması aseptik nekrozların önüne geçilmesi açısından önemlidir. Maksilla posteriorda tüber maksilla adı verilen oval çıkıntılar oluşur. Tüber maksillanın üst arka kısmında posterior alveolar arter ve sinirlerin geçtiği posterosüperior alveolar foramen adı verilen anatomik oluşumlar bulunur.



**Şekil 2.2. Palatin kemiğin anatomisi. Netter's head and neck anatomy for dentistry'den (9) alınmıştır.**

Maksillanın beslenmesi çok geniş bir damar ağı ve maksillayı çevreleyen yumuşak dokular tarafından sağlanır. Bu arterlerin en önemlileri maksiller arterin uç dallarıdır. Maksilla, greater palatin arter ve lesser palatin arter tarafından da beslenir.

Lesser palatin arter ascending faringeal arter ve ascending palatinal arterlerle anastomoz yaparak maksillanın beslenmesine katkıda bulunur.

## **2.2. Palatin kemiğin anatomisi**

Palatin kemik sert damağın ve sutur palatina media'nın posterior kısmını oluşturur. Horizontal, perpendiküler ve piramidal kısımdan oluşur. Horizontal kısmı sert damağın yapısına katılan asıl kısımdır (10). Sfenoid kemik ile arasında oluşan yapı foramen sphenopalatinumdur ve içinden arteria, vena sphenopalatina ve nervus nazalis superior posterior geçer. Palatin kemik ve maksilla arasında canalis palatinus majus adı verilen yapı vardır. Bu yapının içinden arter, vena palatina descendes ve nervus palatinuslar geçer.

## **2.3. Transvers Maksiller Darlık**

### **2.3.1. Teşhisi**

Transvers maksiller darlık (TMD) klinik değerlendirme, model analizi, radyograflar ve oklüzogramlar kullanılarak teşhis edilebilir (11). TMD'nin klinik görünümü tek taraflı ve çift taraflı posterior çapraz kapanış şeklinde görülebilir. Klinik olarak yüksek damak kubbesi, uzun yüz, ağız solunumu ve v şeklinde üst çene kavsi görülebilir (12). Aşırı geniş bukkal koridorlar, geniş alar taban ve paranazal düzlük TMD'nin belirtisidir. Bazı durumlarda yumuşak dokular TMD'yi maskeleyebileceği için yumuşak doku kalınlığı da göz önünde bulundurulmalıdır. Bir diğer değerlendirme kriteri de TMD'nin göreceli olup olmadığıdır, özellikle iskeletsel sınıf 3 maloklüzyonda maksillanın kafa kaidesine göre konumu ve maksillanın gelişimi yeterli iken maksillo-mandibular protrüzyona bağlı olarak posterior çapraz kapanış görülebilir. TMD sıklıkla üst çenenin yetersiz gelişimine bağlı olarak ortaya çıkan maksillo-mandibular uyumsuzluk sonucu görülür (13,14).

TMD'nin teşhisinde model analizi önemli bir yer tutar. Çalışma modellerinde ark formunun şekli, intermolar ve premolar mesafesi gibi ölçümler yapılarak teşhise yardımcı olur. McNamaraya göre 1. Molar dişler arası mesafe 31 mm'den az olan bireyler hızlı üst çene genişletilmesi (HÜG) veya cerrahi destekli hızlı üst çene genişletilmesine (CDHÜG) ihtiyaç duyarlar (12). Betts ve ark, anteroposterior sefalogramın, maksilla ve mandibulla arasındaki transvers uyumsuzlukları değerlendirmek için güvenilir bir radyografik yöntem olduğunu belirtmişlerdir (15).

Konik ışınli bilgisayarlı tomografi kraniyofasiyal iskeletin çeşitli düzlemlerde değeriendirilmesine olanak sağlar, bu da teşhiste klinisyenlere önemli avantajlar sağlar. Schindel ve Duffy TMD ve üst daimi kanin dişinin gömülü kalması arasında pozitif bir korelasyon olduğunu belirtmişlerdir. (16).

### **2.3.2. Etyolojisi**

TMD'ye genetik ve çevresel etkiler sebep olabilir. Uzun yüz görünümü TMD ve derin damak kubbesinin bir arada görüldüğü genetik bir durumdur. Dudak damak yarığı veya hemifasiyal mikrozomi, marfan sendromu, treacher colins, kleidokraniyal displazi gibi kraniyofasiyal sendromlar sonucunda da TMD görülebilir (17). Dudak damak yarıklarında yarığın tamiri esnasında oluşan skar dokusu maksillanın büyüme ve gelişiminde olumsuz etki oluşturarak maksiller darlığa sebep olabilir (18).

Çevresel faktörler arasında ağız solunumu önemli bir etyolojik faktördür. Ağız solunumu esnasında buksinatör kasın maksilla üzerine uyguladığı basınç sebebiyle maksillanın gelişiminde gerilik görülür. Ağız solunumu esnasında dil aşağı ve ileri konumda konumlandığı için buksinatör kasın maksilla üzerinde oluşturduğu basıncı dengeleyemez. Parmak emme alışkanlığı da aynı şekilde dilin konumunu değiştirerek TMD'ye sebep olabilir (19). Bazı durumlarda maksillanın boyutları normalken, mandibula maksillaya göre daha büyük olduğu durumlarda yalancı bir maksiller darlık durumu görülebilir. Temporomandibullar eklem (TME) problemleri, özellikle ankiloz vakaları üst çene gelişimini etkileyerek TMD'ye sebep olabilir (15).

### **2.3.3. Maksiller transvers darlığın tedavisi**

TMD'nin tedavisinde aparatlar ve cerrahi aparat kombinasyonları kullanılarak çeşitli genişletme yöntemleri uygulanır. Bu yöntemlerde amaç horizontal yönde maksilla ve mandibuladaki uyumsuzluğun giderilmesidir. Hastaya doğru endikasyon konularak bu tedavi yöntemlerinden biri seçilmelidir. Tedavi yöntemi belirlenirken hastanın yaşı, model analizi, antero-posterior radyografi, bilgisayarlı tomografi gibi verilerden yararlanır (20).

#### **2.3.3.1. Yavaş üst çene genişletmesi (YÜG)**

TMD'nin sebebinin iskeletsel nedenlere bağlı olmayıp arktaki dişlerin konumuna bağlı olduğu durumlarda tercih edilen genişletme yöntemidir. Aparatlar yardımıyla dişler ortodontik olarak hareket ettirilerek maksiller darlık tedavi edilmiş

olur. Yavaş maksiller genişletme süt dişlenme dönemindeki çocuklarda 2-4 ay süreyle yapılır.

### **2.3.3.2. Hızlı üst çene genişletmesi**

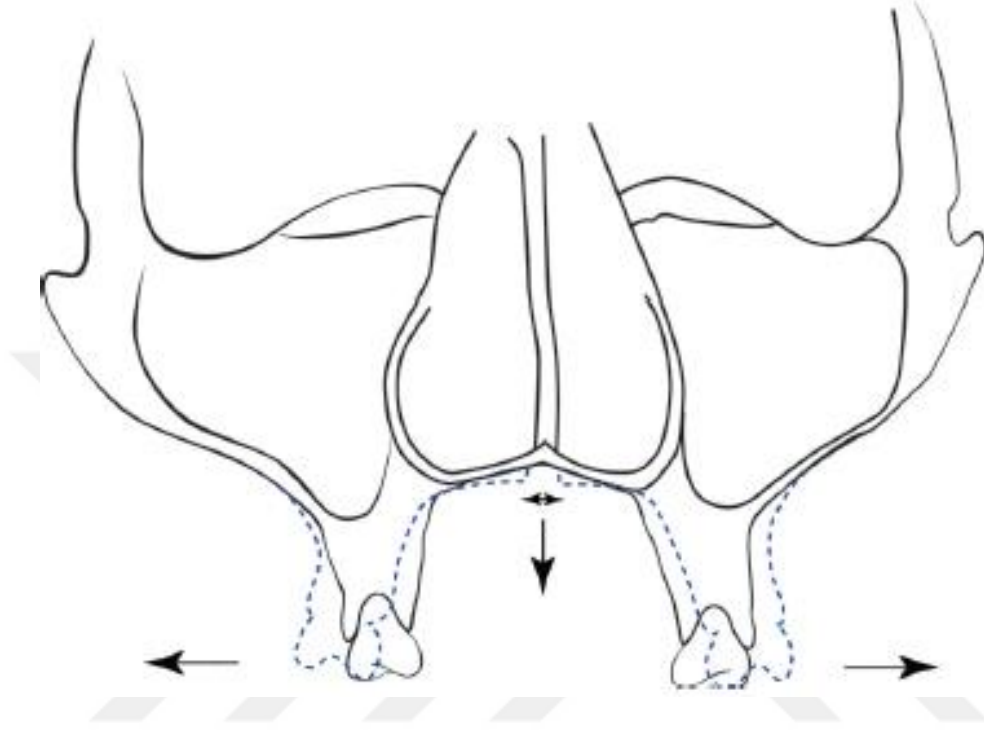
İskeletsel olarak darlık teşhis edilen bireylerde yapılacak olan tedaviye karar verilmesinde en önemli kriterlerden biri bireyin yaşıdır. Bireyin yaşı ilerledikçe mid-palatal suturun ve maksilla etrafındaki komşu kemiklerin ossifikasyonu HÜG'ye bir direnç oluşur. HÜG'de ortopedik kuvvetler kullanılarak dental etkiden çok iskeletsel etkinin elde edilmesi amaçlanmaktadır. İskeletsel etki elde etmek için ağır kuvvetler uygulanır. Ağır kuvvetler diş hareketini engeller. Ortopedik hareket periodontal dokunu hiyalinizasyonu ile sağlar (21). Aparentlerin günlük aktivasyonu ile birlikte 0.9-4.5 kg arasındaki kuvvetler mid-palatal sutur ve yumuşak dokular üzerinde gerilim oluşturmaktadır (22). HÜG'de kullanılan aparentler kuvvetleri dişlere veya palatal dokulara ileterek etkilerini gösterirler. Bu aparentler genişletme için kuvveti oluşturan vida ve kuvveti dokulara ileten kısımlardan oluşurlar.

HÜG'de amaç mid-palatal suturda açılma sağlanarak maksillanın genişletilmesinin sağlanmasıdır. Genişletmeye direnç sirkummaksiller suturlar ve mid-palatal sutur etrafında gerçekleşir (23). Bu direnç yaşla birlikte suturlardaki olgunlaşmaya bağlı olarak artar, bu yüzden hızlı üst çene genişletilmesine karar verirken yaş faktörü göz önünde bulundurulmalıdır. Baccetti ve ark. göre pubertal büyümenin pik yaptığı dönem sonrası HÜG tedavisi uygulandığında, genişletme iskelet seviyesinden dentoalveolar seviyeye geçer (24). Yapılan birçok çalışmaya göre Hızlı üst çene genişletmesinin puberteden önce yapılması gerektiği belirtilmiştir.

### **2.3.3.3. Hızlı üst çene genişletilmesi sonrasında görülen değişiklikler**

HÜG sonrasında sert ve yumuşak dokularda bazı değişiklikler görülür. HÜG sonrasında maksillanın anterior bölümünde daha fazla genişleme görülür, buna bağlı olarak mid-palatal suturda üçgen şeklinde bir açılma olur(25). Frontal düzlemde de süperior yönde daralan piramidal şekilli bir genişleme görülür. Maksilla frontonazal sutur etrafında horizontal ekseninde rotasyon yapar (26,27) ve nazal pasajı arttırarak nazal solunumu arttırır (28). Bireylerde orofaringeal havayolunun kapasitesi artarak solunuma katkıda bulunur (29). Obstrüktif uyku apnesi olan çocuklarda hava yolunun kapasitesinin artmasıyla uyku problemleri düzelmiş olur. Östaki borusu stenozu olan

bireylerde östaki borusunun girişindeki genişlemeye bağlı olarak orta kulağın daha iyi havalanması sağlanır ve buna bağlı olarak gelişen duyma problemlerinde düzelme görülür.



Şekil 2.3. HÜG esnasında alveol kemiğin rotasyonu. Peterson's principals of oral and maxillofacial surgery third edition'dan (8) alınmıştır.

#### 2.3.3.4. Hızlı üst çene genişletmesinin endikasyonları

- 4 mm'den fazla TMD olan bireylerde.
- Nazal hava yolu yetersiz olan bireylerde nazal solunumu arttırmak için.
- Tek veya çift taraflı çapraz kapanışı olan TMD'ye sahip bireylerde
- Segmental osteotomi planlanmayan TMD'ye sahip ortognatik cerrahi planlanan bireylerde cerrahi öncesi.
- Cerrahi sonrası palatinal dokudaki skara bağlı olarak gelişen TMD'ye sahip dudak damak yarıklı bireylerde.
- Sınıf 2 ve 3 maloklüzyonlara sahip bireylerde.
- Karanlık bukkal koridorların düzeltilmesinde.
- Asimetrik maksiller genişletme planlanan bireylerde (30).



### **2.3.3.5 Hızlı üst çene genişletmesinin kontrendikasyonları**

- Kooperasyonu yetersiz bireylerde.
- Maksillanın rotasyonuna bağlı olarak vertikal yüz yüksekliği fazla olan bireylerde yüz yüksekliğinin daha fazla artmasının istenmediği durumlarda.

### **2.3.3.6. Cerrahi destekli hızlı üst çene genişletilmesi**

İlerleyen yaşla birlikte hızlı üst çene genişletmeye bağlı direnç arttığı için sadece genişletme apareyi yardımıyla yeterli çene genişletilmesi sağlanamaz. Bununla birlikte, nüks eğilimi iskeletsel olgunlaşma ile artma eğilimindedir, çünkü daha az iskeletsel yer değiştirme ve daha fazla dentoalveolar hareket gözlenir (31). Bu durumu aşmak için cerrahi bir desteğe ihtiyaç vardır.

TMD'ye sahip, cerrahi ve ortodontik tedavinin birlikte yapılmasına karar verilen bireylerde literatürde tanımlanmış iki yöntem vardır. Bunlardan birincisi maksillanın segmentlere ayrılarak transvers genişletilme yapılmasıdır, diğer yöntem ise CDHÜG'dir. Literatüre göre CDHÜG'nin segmental osteotomiye göre daha fazla stabilitesinin olduğu düşünülmektedir (32,33). Maksillayı vertikal olarak konumlandırmak daha kolay olduğu için TMD'li bireylerde segmental osteotomi tercih edilebilir (34). Segmental osteotomide majör ve minör komplikasyon görülme oranının daha yüksek olmasından ve bazen premolar dişlerin çekimini gerektirmesinden ötürü cerrahlar tarafından CDHÜG daha çok tercih edilir. Segmental osteotominin bir diğer dezavantajı ise cerrahi splintin haftalarca bölgede takılması gerekliliğidir ve bu durum bireyde konfor ve hijyen problemleri oluşturur. (8). Cerrahi destekli hızlı üst çene genişletilmesi ağır TMD'nin düzeltilmesinde basit ve çok etkili bir prosedürdür (35).

Kennedy ve arkadaşları rhesus maymunları üstünde yaptıkları bir çalışmada ortodonti öncesi cerrahinin lateral genişlemeyi önemli miktarda arttırdığını göstermişlerdir(36). Literatürde çalışmalar mid-palatal suturun genişlemeye karşı fazla direnç göstermediğini belirtmişlerdir (27,37). Üst çene osteotomi yardımıyla belirli noktalardan serbestleştirilerek üst çene etrafında oluşan direnç aşılmaya çalışılır.

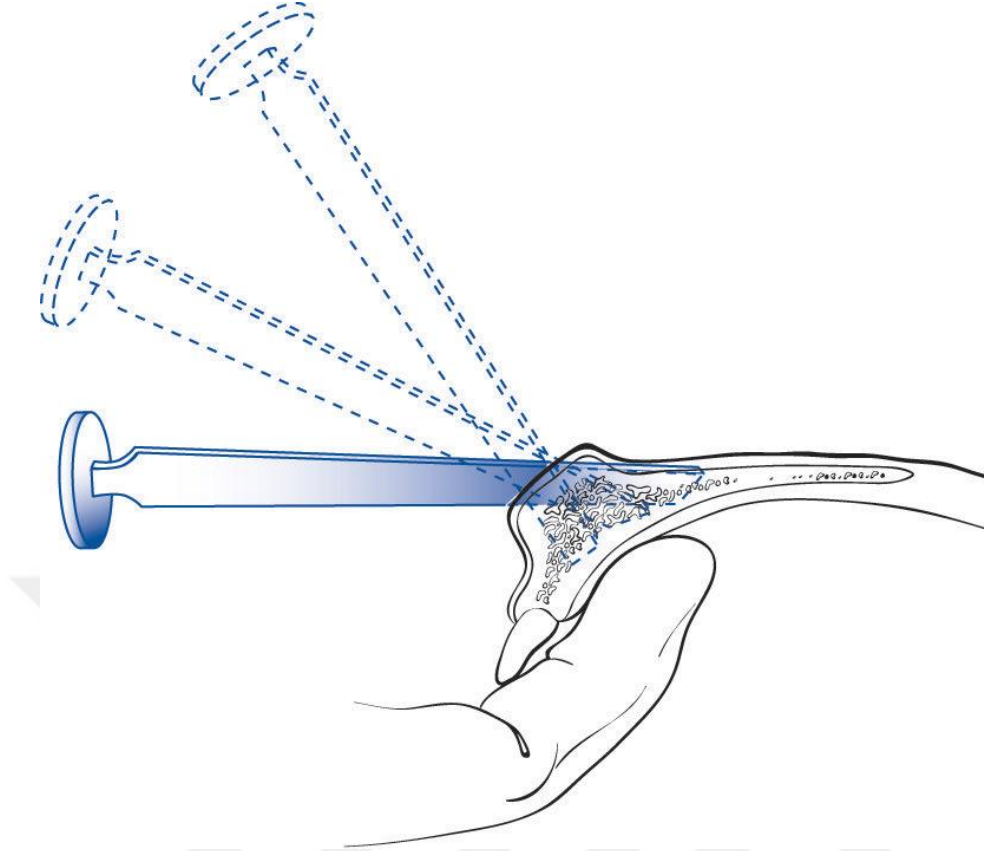
Hızlı üst çene genişletmesi ve cerrahi destekli hızlı üst çene genişletme yöntemi prosedürlerinin hangi dönemlerde yapılacağı kesin olarak tanımlanmamıştır. Moss'a göre HÜG'nin cerrahiyle birlikte yapılıp yapılamayacağına karar verirken hastanın yaşı göz önünde bulundurulmalıdır (31). Haas'a göre 18 yaş, Epker ve Wolfroda göre 16 yaş, Mommaerts'e göre 14 yaşından büyük bireylerde cerrahi destekli hızlı üst çene genişletilmesi (CDHÜG) prosedürüne ihtiyaç duyulmaktadır (38,39). Bireyler değerlendirilirken bireyin iskeletsel yaşı da göz önünde bulundurulmalıdır, iskeletsel olarak gelişimini tamamlamış genç bireylerde HÜG başarısız olabilir buna bağlı olarak CDHÜG ihtiyacı doğar (40).

CDHÜG bir çeşit distraksiyon prosedürüdür. Bu prosedüre göre 5 günlük bir iyileşme periyodundan sonra kallus dokusu oluşur. Kallus dokusu gerilmeye başladığında 5.-7. günlerde gerilim vektörüne paralel yönde kollajen fibriller oluşur. Bu fibriller etrafında yeni kemik formasyonu oluşur. Kemik oluşum evresinden sonra konsolidasyon evresi başlar ve etraftaki kemik dokusuna benzer bir kemik dokusu oluşur. Distraksiyon çok hızlı yapılırsa bu fibriller kopar ve yeni kemik gelişimi durur (41).

### **2.3.3.7. Cerrahi teknik**

CDHÜG yapılırken birçok teknik tanımlanmıştır. Bu tekniklerden bazıları daha az invaziv bir cerrahi yapıp daha fazla kuvvet uygulamayı önerirken, diğer teknikler invaziv bir cerrahi işlem yapıp daha az bir kuvvet uygulamayı önerirler. İnvaziv olmayan yöntemlerde daha fazla periodontal problem, relaps ve istenmeyen kırıklar oluşabilir.

Mid-palatal suturun temel direnç noktası olduğunu düşünen yazarlar ilk önce damakta bir osteotomi yapılmasını önermektedir (42). Glassman ve ark. güçlü kortikal kemiğe sahip pterigomaksiller buttressin maksillanın yeterli miktarda genişlemesine daha fazla direnç gösterdiğini belirtmişlerdir ve sadece lateral bölgelerde osteotomi yapılmasını önermişlerdir (43). Pek çok yazar, damak, anterior ve lateral maksillayı içeren kombine osteotomileri kullanmayı tercih etmişlerdir (32,37,44).



**Şekil 2.4. Maksiller anterior bölgede osteotomun yönlendirilmesi. Peterson's principals of oral and maxillofacial surgery third edition'dan (8) alınmıştır.**

Hasta ve hekim konforu açısından CDHÜG operasyonunun genel anestezi veya intravenöz sedasyon altında yapılması tavsiye edilir. Hasta entübasyonundan sonra cerrahi alana lokal anestezi yapılması kanama kontrolü açısından önemlidir. Cerrahi alana rahat ulaşım için apertura piriformisten zigomatik buttress'e kadar mukoperiostal bir insizyon yapılır. Anterior bölgede de santral kesici dişler arasında ince bir osteotomi yardımıyla 1-1,5 cm'lik bir osteotomi yapılır, osteotomi yapılırken osteotom damağa paralel (şekil 2.4) olarak yönlendirilir ve palatinal bölgeye kadar osteotomi sürdürülür (8).

Zigomatikomaksiller ve pterigoid birleşimin genişlemeye karşı en çok direnç gösteren bölge olduğu düşünülmektedir (2). Han ve ark. (45), yaptıkları sonlu elemanlar çalışmasında, pterigomaksiller osteotomunun, çene genişlemesini arttırmada etkili bir prosedür olduğu sonucuna varmıştır. Bazı tekniklerde nazal septumdaki deviasyonun engellenmesi için septumun da serbestleştirilmesi önerilmiştir. Pterigoid plakların CDHÜG prosedürü esnasında ayrılması önerilmektedir. Koudstaal ve ark.

(46) pterigoid plaklar ayrıldığında uygun bir maksiller genişletme olacağını savunmaktadırlar. Pterigoid plakların ayrılmadığı durumlarda anterior maksillanın daha fazla genişlediği görülmüştür. Eğer pterigoid plakların ayrılması düşünülüyorsa, osteotomi yapılırken vasküler yapılara dikkat edilerek ciddi kanamaların önüne geçilmiş olur. Osteotomi yapıldıktan sonra aparey aktive edilerek genişlemenin simetrisi ve miktarı kontrol edilmelidir, eğer yeterli ve simetrik bir ayrılma yoksa osteotomi aşamasına yeniden dönülmelidir(47).

CDHÜG gerektiğinde tek taraflı olarak da gerçekleştirilebilir. Bu gibi durumlarda, genişlik artışı özellikle operasyonunu yapıldığı tarafta olur , karşı taraf ankraj görevi görür (48).

### **2.3.3.8. Endikasyonlar**

CDHÜG prosedürü erişkinlerde maksiller darlığın tedavisinde tavsiye edilen bir prosedürdür. Genel anestezi altında yapılması hasta konforu açısından tavsiye edilir. Genel anesteziye engel oluşturan durumlar prosedürün yapılmasına engel oluşturur. Aşağıdaki durumlarda CDHÜG prosedürün yapılması önerilir:

- HÜG yapılamadığı durumlarda ya da HÜG ardından relaps görüldüğü durumlarda.
- 5 mm'den fazla genişletme yapılacağı durumlarda (49).
- Dudak damak yarığı ve dudak damak yarığını içeren kraniyofasiyal sendromların varlığında.
- Yaş (sutural gelişimin tamamlandığı düşünülen hastalarda).
- Ortognatik cerrahi öncesi segmental osteotomi yerine tercih edilebilir.
- Nazal hava yolunun yetersiz olduğu durumlarda hava yolu genişliğini arttırmak için.
- Diş çekimsiz tedavi planlandığında.

### **2.3.3.9. Cerrahi destekli hızlı üst çene genişletmenin komplikasyonları**

CDHÜG prosedürü esnasında veya sonrasında nadir de olsa ciddi komplikasyonlar oluşabilir. Bunlar ciddi burun kanamaları, kafa tabanı kırıkları, pterigoid ven pleksusuna bağlı kanama, maksiller arterin zedelenmesi, pterigoid plakların osteotomisi esnasında kırığa bağlı geçici veya kalıcı körlük gibi durumlardır (27). Daha az ciddi komplikasyonlar ise nazal septum deviasyonu, asimetric genişleme, sinüzit, periodontal problemler ve relapstır. Bays ve Greco'ya göre

CDHÜG transvers stabilite açısından segmental osteotomiye göre daha stabildir ve daha az morbiditeye sahiptir (32). Doku destekli apareylerin dokularda oluşturduğu basıya bağlı olarak palatal dokularda ülserasyon ve nekrozlar görülebilir. Lehman ve Haas bir vaka serisinde palatal dokuda ülserasyon görülme oranını %5,4 olarak bildirmişlerdir.(50). Bazı yazalar osteotominin diş köklerinden en az 5 mm uzaklıkta olacak şekilde yapılmasını planlanmasını önermişlerdir, bu şekilde dişlerin kökleri ve apikalindeki damar sinir paketi korunmuş olur.

### **2.3.3.10. Aktivasyon protokolü**

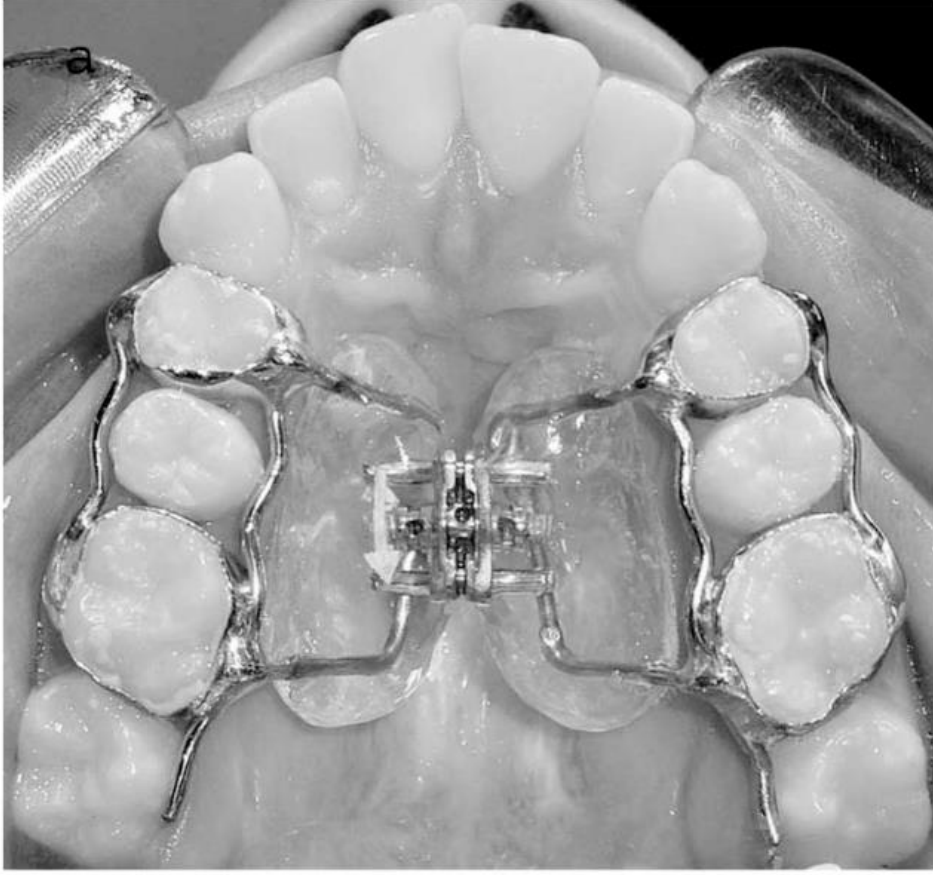
Kimi yazarlar palatinaldeki vidanın aktive edilmesinden önce belirli bir iyileşme periyodunun beklenmesini önerirken bazı yazarlar beklemenin gereksiz olduğunu belirtmişlerdir (51). Cerrahi işlem esnasında osteotomi protokolü gerçekleştirildikten sonra cerrah tarafından ekspansiyon vidası aktive edilerek genişleme işlemi kontrol edilir.

Vida aktivasyonu safhasında hastanın uyumu önemlidir. Aktivasyon yapılırken hastaya işlemi nasıl yapacağı detaylı şekilde anlatılmalı ve yetersiz veya fazla distraksiyondan kaçınılmalıdır. Önerilen protokol olan iyileşme periyodundan sonra günlük olarak 1 mm kadar aktivasyonun yapılması çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (52). Fazla miktardaki distraksiyon, kallus dokusunda fibrillerin yapısını bozarak kemik iyileşmesini bozar. Kemik dokusunda iyileşme tamamlanmadan distraksiyon işlemi sonlandırılmalıdır (48). Distraksiyon evresi sonlandıktan sonra retansiyon için belirli bir süre beklenerek relaps engellenmeye çalışılır. Bazı yazarlar relaps olmasını engellemek için 4-5 mm aşırı miktarda düzeltme yapılmasını önermektedirler.

### **2.3.4. Genişletme işleminde kullanılan apareyler**

#### **2.3.4.1. Diş ve doku destekli genişletme apareyi (Haas apareyi)**

Haas apareyi; aktivasyonla birlikte oluşan kuvveti, 1. molar dişe yerleştirilen bir bant aracılığıyla dişlere, palatal kısma yerleştirilen akrilik plak aracılığıyla dişetine oradan da palatinal kemiğe ileterek genişletmeyi sağlar. Palatal kısımdaki akrilik plak palatal dokularda irritasyona sebep olup hijyen problemleri yaratır.



Şekil 2.5. Haas genişletme apareyi. Garib ve ark. (53)'ndan alınmıştır.

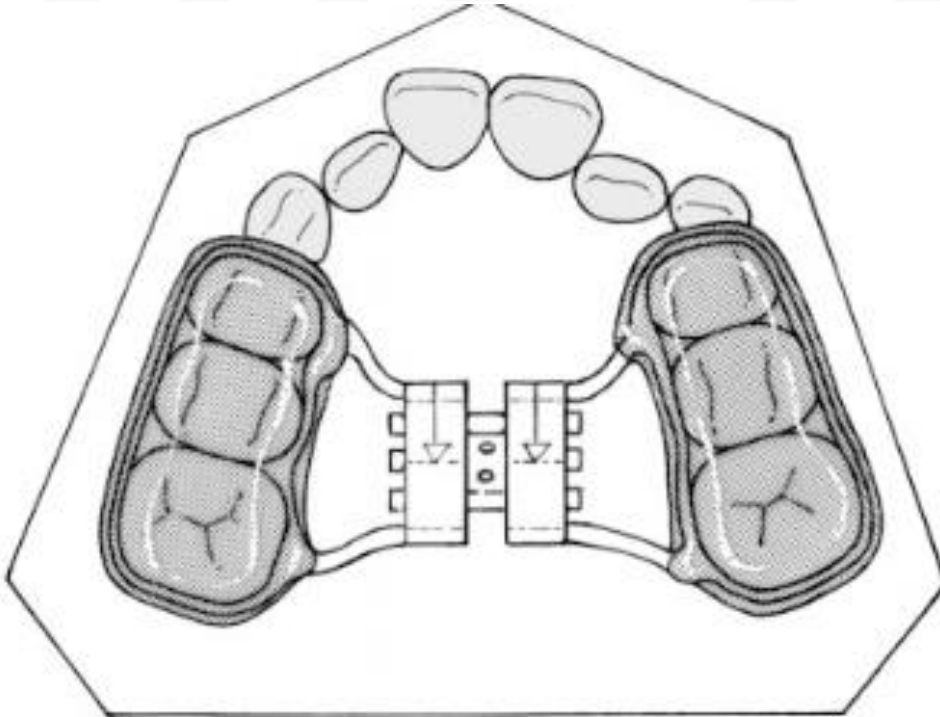
#### 2.3.4.2. Diş destekli genişletme apareyi (Hyrax apareyi)

CDHÜG'de hareketli aparey kullanımı önerilmez. Sabit apareyler cerrahi sonrası yeterli stabilizasyonu ve gerekli genişletme kuvvetlerini sağlarlar. Hyrax apareyi vida aktivasyonu ile ortaya çıkan kuvveti dişlere ileterek palatinal genişletme sağlayan bir apareydir. 1. Molar ve 1. Premolar dişler üzerine bir bant takılarak kuvvet dişlerden periodontal dokulara ve kemiğe iletilir. Bazen 4 bantlı aparey tasarımı da kullanılmaktadır. Palatal bölge tasarımı hijyen problemlerini ortadan kaldırır (54,55). Bu aparey kuvveti sadece dişlere ilettiği için dişlerde tipping hareketine neden olabilir.



Şekil 2.6. Hyrax genişletme apareyi. Andre ve ark. (56)'ndan alınmıştır.

#### 2.3.4.3. Bonded genişletme apareyi



Şekil 2.7. Bonded genişletme apareyi. Wendling ve ark. (56)'ndan alınmıştır.

Bu apareyler dişlere yapıştırılan akrilik parçadan oluşur. Bu tasarımda dişlere kuvvet aktarımı için ortodontik bantlara ihtiyaç duyulmaz. Apareyin akrilik kısmı premolar ve molar dişleri içerir bazı durumlarda kanin dişlere kadar uzatılabilir. Bu akrilik parça dişlerin oklüzal yüzeyini tamamıyla örter. Dişlerin gingival kısmındaki akrilik parçadan aşındırma yapılarak gingival dokulardaki hasar önlenmiş olur. Palatal dokularda akrilik olmadığı için hijyenik bir tasarıma sahiptir. Bazı durumlarda oklüzal kısma 3-5 mm'lik ısırma plağı konulması dişlerin HÜG esnasında ekstrüzyonunu engellemektedir, bu sebeple openbite vakalarında tercih edilebilen bir genişletme apareyidir (57).

#### 2.3.4.4 Kemik destekli genişletme apareyi

Kemik destekli genişletme apareyleri kuvvetleri direkt olarak kemiğe ileten apareylerdir. Bu apareyler kuvveti implant, mini vida gibi elemanlarla kemiğe iletirler. Bu apareyler daha az dental komplikasyona sahiptirler.



Şekil 2.8. Kemik destekli genişletme apareyi. Günbay ve ark. (58)'ndan alınmıştır.

Diş bağlı apareylerde sadece iskeletsel etki görülmez bunun yanında dental etkiler de görülür. Dişlerde bukkal yönde devrilme, fenestrasyon, gingival çekilme gibi dental etkiler ise kemik destekli apareylerde görülmez. Mommaerts'e göre diş bağlı genişletme apareyleri kullanıldığında daha fazla relaps ve ankraj kaybı görülür, bu sebeple kemik bağlı titanyum genişletme apareyini önermiştir (39).



## 2.4. Stres Analiz Yöntemleri

### 2.4.1. Sonlu eleman analiz yöntemi

Karmaşık geometrileri içeren problemler için, analitik bir çözüm elde etmek çok zordur. Bu nedenle, sonlu eleman analizi (SEA) gibi sayısal yöntemlerin kullanılması gereklidir. Sonlu eleman analizi bilgisayar modelleri kullanılarak bilgisayar yardımıyla modellerin stres, gerinim gibi etkiler altında değişimini değerlendirmeye yarayan bir yöntemdir ve sonsuz sayıdaki noktadan oluşan cisimlerin sonlu noktalarla ifade edilerek değerlendirilmesini sağlar.

SEA yöntemi bir cisme ait mekanik bir problemi cismi daha küçük parçalar ayırarak problemin çözümünü hedeflemektedir. İlk defa mühendislik alanında uygulamaya konulmuş bir yöntemdir. SEA, biyomekanik ve mekanik kuvvetlerin biyolojik sistemler üzerindeki etkisinin araştırılmasında invaziv olmayan ve mükemmel bir araç olarak kabul görülmüştür. İnsan omurgasının mekanik davranışını analiz etmek için SEA 1973 yılında Liu ve Ray tarafından kullanılmıştır (59).

SEA Yöntemin temel hedefi cismi eleman adı verilen tanımlanabilir küçük parçalara ayırmak ve bu parçalara çözümü tek tek uygulamaktır. Analiz edilen malzemelerin fiziksel özelliklerini etkilemediği için kolayca tekrarlanabilir (60). Akışkanlar mekaniği, ısı transferi, akustik, gerilme analizi, medikal, elektrik ve manyetik alanlar gibi birçok uygulama alanı vardır. Günümüzde medikal alanda da birçok uygulaması vardır. Özellikle cerrahi alanlardaki biyomekanik problemleri bilgisayar ortamında simüle etmesi yaygın olarak tercih edilmesine sebep olmuştur.

Çene cerrahisi alanında implant, vida plak sistemleri, travma, ortognatik cerrahi ve eklem protezleriyle ilgili biyomekanik problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. İlk defa 1976'da Weinstein ve ark. SEA'ni implantolojide kullanmışlardır (61).

#### 2.4.1.1 Sonlu eleman analizinin avantajları

- Karmaşık geometriye sahip cisimlerdeki hesaplamalarda cismin geometrisini değiştirmeden hesaplama yapabilir.
- Heterojen özellikteki cisimlerde rahatlıkla kullanılabilir örneğin kortikal ve spongioz kısımları olan iskelet kemikleri gibi.
- Cismin bazı bölgelerinde daha fazla eleman atanarak daha hassas hesaplama

yapılabilir.

- Bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilebilir.
- Girişimsel olmayan bir yöntem olduğu için sağlık alanında sıklıkla kullanılabilir.
- Karmaşık sınır şartları denklemlere aktarılabilir.
- Tekrarlanabilir.

#### **2.4.1.2 Sonlu eleman analizinin dezavantajları**

- Gerçeğe yakın sonuçlar elde etmek için yeterli miktarda eleman atanması gerekir.
- Tecrübe gerektirir.
- Eleman sayısındaki artmaya bağlı olarak problemin çözümü zorlaşır.
- Güçlü bir bilgisayar gerektirir.

#### **2.4.1.3 Sonlu eleman analizinin maksillofasiyal cerrahideki uygulamaları**

- Ortognatik cerrahide kullanılan vida plak sistemlerinin doğru konumlandırılmasında ve farklı sistemlerin biyomekanik değerlendirilmesinde (62).
- Tümörlere bağlı olarak yapılan mandibullar rezeksiyonda osteotominin ve rekonstrüksiyonun biyomekaniğinin değerlendirilmesi (63).
- Fasiyal rekonstrüktif ve estetik cerrahilerde yumuşak ve sert dokuların değerlendirilmesinde (64,65).
- Dental implantların biyomekanik özelliklerinin değerlendirilmesinde (66).
- Kraniyofasiyal travma vakalarında kullanılan farklı osseosentez sistemlerinin değerlendirilmesinde(67).
- Kraniyofasiyal bölgede yapılan distraksiyonun biyomekanik değerlendirilmesinin yapılmasında (68).

#### **2.4.2 Analize hazırlık**

##### **2.4.2.1 Geometrinin oluşturulması**

SEA'da ilk basamak problem çözümü yapılacak cismin geometrisinin aktarılmasıdır. Biyolojik dokuların modellenmesi iki şekilde yapılabilir. İlk olarak,

ilgilenilen alanın bilgisayarlı tomografisi (BT) veya konik ışınlı bilgisayarlı tomografisi (KIBT) alınarak kemik ve çevre yapıların geometrisi kullanılarak boyutlar ve noktalar arası ölçümler not edilir. Bu verilerle 3 boyutlu bir model oluşturulur. Ancak bu sürecin tamamı mevcut teknik yardıma bağlı olarak çok zaman gerektirir. Modellemenin diğer yolu, sadece 3 boyutlu bir model değil, aynı zamanda sonlu eleman modeline sahip, sadece DICOM formatındaki BT ve KIBT tarama görüntülerini kullanarak, zamandan tasarruf sağlayan ve daha az teknik uzmanlık gerektiren, 3 boyutlu bir model verecek olan ticari yazılımları kullanmaktır.

Problemin çözümünü kolaylaştırmak için cismin geometrisinde çeşitli düzenlemeler yapılabilir. 2B ve 3B geometrilerdeki aşırı basitleştirmeler, kaçınılmaz olarak analizde önemli yanlışlıklara neden olacaktır. Bu düzenlemeler bilgisayar destekli tasarım programları kullanılarak yapılır.

#### **2.4.2.2 Elemanların belirlenmesi**

Cismin geometrisine en uygun elemanın belirlenmesi problemin çözümünde gerçeğe yakın sonuçlar elde etmemizi sağlar. Bu elemanlar problemi çözülecek cismin yapısına uygun olacak şekilde tek, iki ve üç boyutlu olarak belirlenebilirler. FEM analizinde, farklı amaçlar için çeşitli eleman tipleri kullanılabilir. En yaygın kullanılan iki tipi tetrahedron ve heksahedrondur (59).

#### **2.4.2.3 Materyal özelliklerinin tanımlanması**

Materyalin fiziksel özelliklerinin tanımlanarak sisteme aktarılması işlemidir. Cisim elemanlara ayrıldıktan sonra özellikle heterojen cisimlerin çözümünde kolaylık sağlar. Örneğin kortikal kemik, spongioz kemik, sutur, diş ve periodontal ligament gibi farklı materyal özelliklere sahip yapılardan oluşan maksillada kullanılabilir. Malzeme parametrelerinin yanlış ayarlanması hatalı sonuçlara yol açacaktır.

#### **2.4.2.4 Meshleme işlemi**

Yüz kemikleri gibi karmaşık geometrideki cisimler üçgen piramit, dikdörtgenler prizması gibi tanımlanabilir elemanlara ayrılır. Bu işleme meshleme (ağ örgüsü) adı verilir. Elemanların kesişim noktasına düğüm adı verilir. Düğüm noktalarında denge denklemleri kullanılarak analizin çözümü bilgisayar yardımıyla yapılır.

Elemanlara meshleme işleminden sonra temsil ettikleri materyalin fiziksel özellikleri atanarak elemanların her biri için bir matematiksel denklem atanır ve Her bir elemanın çözümü tek tek değerlendirilir. Cisim elemanlara ayrıldığında yüzbinlerle ifade edilen miktarda düğüm noktası olduğu için hesaplamalarda bilgisayar programı kullanılır.

Problemin çözümüne geçilmeden önce cismin özelliklerine uygun eleman belirlendikten sonra cismin bu elemanlara bölünmesi işlemidir. Meshleme yapılırken elemanların ve kesiştiği düğüm noktalarının konumu üç boyutlu olarak belirlenmiş olur. Cismin uygun sayıda elemana bölünmesi problem çözülürken çözümün gerçek değerlere yakın olmasını sağlar (69).

Cismin geometrik şekline bağlı olarak bazı bölgelerdeki eleman sayısı program kullanıcısı tarafından belirlenebilmektedir. Cismin farklı bölgelerinde farklı sayıda eleman oluşturulmak istenebilir. Özellikle yüz iskeletindeki kemikler karmaşık geometrik yapıda oldukları için eleman sayısının olabildiğince küçültülmesi gerekebilir. Artan eleman sayısı problemin çözüm süresinde uzamaya neden olur.

#### **2.4.2.5 Sınır koşullarının belirlenmesi**

Cismin belirli bir bölgeden sabitlenerek hareketinin engellenmesiyle belirlenebilir. Eğer cisme sınır koşulları belirlenmezse cisim kuvvet etkisi altında sonsuza kadar hareket eder.

### **2.4.3 Stres analizinde kullanılan kavramlar**

#### **2.4.3.1. Kuvvet**

Cisimleri hareket ettirebilen ve şekil değişikliği meydana getirebilen vektörel bir büyüklüktür. Yönü, başlangıç noktası ve şiddeti vardır. Birimi kilogram (KG)'dır.

#### **2.4.3.2. Gerilme**

Birim alana etki eden iç kuvvete gerilme adı verilir. Kuvvet yönü yüzeye dikse normal gerilme, yüzeye paralelse kayma gerilmesi adı verilir (70).

#### **2.4.3.3. Gerinim**

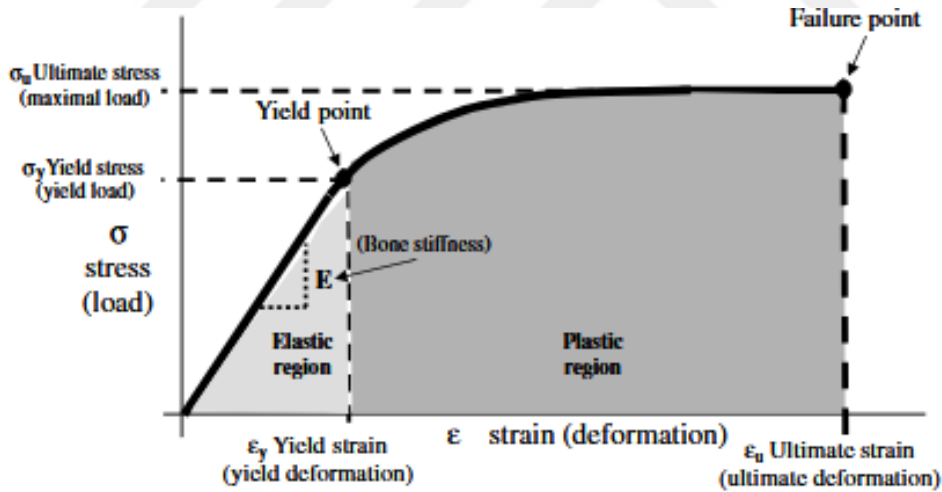
Kuvvetler altında bir cismin şekil değiştirmesidir. Matematiksel olarak ifade edilebilir (70).

#### 2.4.3.4. Poisson oranı

Bir malzeme bir yönde gerildiğinde, diğer iki yönde incelmeye eğilimi gösterir. Buna Poisson etkisi denir (71). Cismin en ve boy boyutlarındaki değişimin birbirine oranıdır (70).

#### 2.3.3.5. Elastiklik modülü

Kuvvet uygulandığında cisimlerde bir şekil değişikliği meydana gelir. Bu şekil değişikliği kuvvet ortadan kaldırıldığında cisim eski haline dönüyorsa elastik bir davranış gösterir. Belirli bir sınır aşıldıktan sonra cisimdeki şekil değiştirme kalıcı hale gelmeye başlar. Cisim kalıcı olarak şekil değiştirdiğinde plastik deformasyona uğrar (70). Plastik deformasyon cismin elastikiyet sınırları aşıldığında başlar. Elastiklik modülü (E) ise gerilme uygulanan cisimde meydana gelen birim şekil değiştirmenin birbirine oranıdır. Cisim akmaya başladığı nokta cismin akma dayanımı verir. Cismin elastik modülünün yüksekliği ne kadar fazla olursa cismin plastik deformasyona karşı dayanımı o oranda artar. Sıcaklık gibi fiziksel koşullar cismin elastikiyetini değiştirir.



Şekil 2.9. Kompakt kemiğin gerilme gerinim eğrisi. Sharir ve ark. (72)'ndan alınmıştır.

#### 2.3.3.6. Akma noktası (Yield point)

Akma noktası, bir malzemenin plastik olarak deforme olmaya başladığı stres olarak tanımlanır. Akma noktasından önce, malzeme elastik olarak deforme olur ve uygulanan gerilme ortadan kalktığında orijinal şekline geri döner (73).

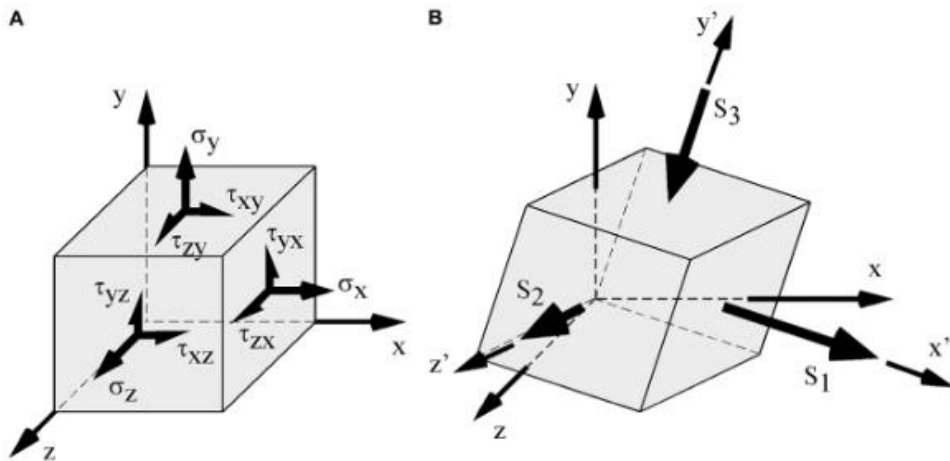
### 2.3.3.7. Von Mises stresi

Cisme 3 boyutlu bir gerilim uygulandığında cismin akmaya başladığı değeri tahmin etmek için kullanılır. Elastik davranışın değişmeye başladığı cismin plastik deformasyon gösterdiği nokta asal gerilmeler kullanılarak hesaplanabilir. Richard Von Mises tarafından tanımlanmıştır. Sünek cisimler ile yapılan testler bu kriter ile uyumlu olmaktadır. Sünek malzemelerde başarısızlık değerlendirilirken von mises kriteri değerlendirilir (74).

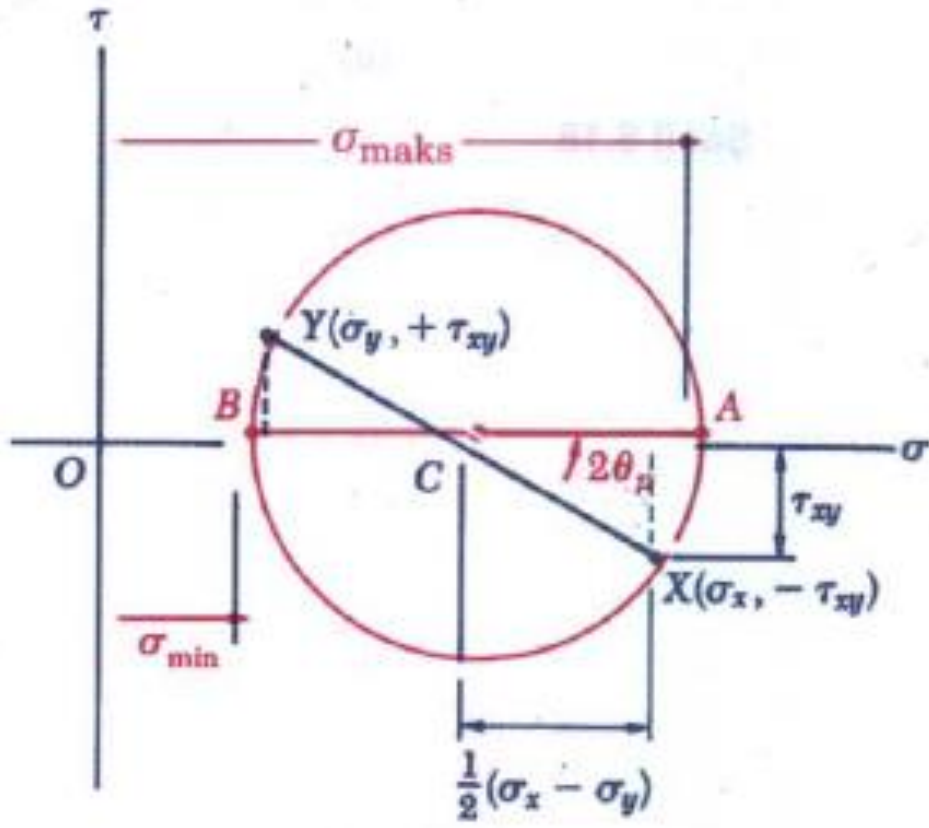
Cisimlerin plastik deformasyona direnci arttıkça kırılma direnci artar. Daha yumuşak cisimlerin ise plastik deformasyona direnci daha azdır. Daha büyük uzama değerleri olan malzemeler yumuşak, daha düşük değerlere sahip olanlara ise kırılma direnci denir. Ayrıca kırılma direncinin sıkışma stresi altındaki dayanımı, yumuşak malzemeye göre çok daha büyüktür (74).

### 2.3.3.8. Mohr dairesi ve asal gerilmeler.

İlk olarak Alman mühendis Otto Mohr tarafından tanımlanan görsel bir yöntemdir. Cisimlerdeki yüzeylerdeki normal ve kayma gerilmelerini veren formüllerin grafik ile gösterimidir. Mohr dairesi üzerinde kayma gerilmelerinin sıfır olduğu noktalarda hesaplanan gerilmeler asal(principal) gerilmelerdir.  $\sigma$  (sigma) sembolü ile gösterilir. 3 boyutlu cisimlerde  $\sigma_1$  en yüksek asal gerilmeyi,  $\sigma_2$  en düşük asal gerilmeyi  $\sigma_3$  ara bir gerilme değerini göstermektedir. Mohr dairesi yardımıyla aynı zamanda maksimum kesme gerilmeleride hesaplanabilmektedir.



Şekil 2.10. A) Cisme etki eden kayma stresi ve normal stresler (çekme ve basma); B) Minimum ve maksimum, asal stresler. Viecilli ve ark. (75)'ndan alınmıştır.



Şekil 2.11. Şekil 2.8 Mohr çemberi ve asal gerilmeler. Mechanics of materials'dan (76) alınmıştır.

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu araştırma, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş hekimliği Fakültesi ve Hgo Medikal Tic. San. Aş. tarafından gerçekleştirildi.

3 boyutlu ağ yapısının oluşturulması ve düzenlenmesi, 3 boyutlu katı modelin oluşturulması ve SEA işlemi için Intel Xeon ® R CPU E5-2683 v3 35M Önbellek, 2.00 GHz işlemci (Santa Clara, Kaliforniya, ABD), 500gb Hard disk, 128 GB RAM donanımlı ve Windows 10 Ultimate (Redmond, Washington, ABD) işletim sistemine sahip bilgisayar kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Modeller, meshleme işleminden sonra model geometrik olarak oluşturulduktan sonra stl formatında, Ansys (Ansys Inc., Canonsburg, Pennsylvania) yazılımına analizlerinin yapılması için aktarılmıştır. Stl formatı 3d modelleme programları için evrensel değer taşımaktadır. Stl formatında düğümlerin koordinat bilgileri de saklanması sayesinde programlar arasında aktarım yapılırken bilgi kaybı olmamaktadır.

Ansys yazılımı ile uyumlu hale getirildikten sonra oluşturulan modelin maksillaya ait olduğunu, diş yapılarının hangi materyalden yapıldığını yazılıma tanıtmak gerekmektedir. Modelleri oluşturan yapıların her birine, fiziksel özelliklerini tanımlayan materyal (elastiklik modülü ve Poisson oranı) değerleri verilmiştir (Tablo 3.1). Programda katı cisim özellikleri linear elastik, homojen ve izotropik kabul edilmiştir.

#### 3.1 Materyal Özellikleri

Geometrik veriler, Ansys yazılımına. stl. formatında aktarılmıştır. Ansys yazılımında geometrik modelin analizinin yapılabilmesi için katı modellerdekine benzer olarak içi dolu şekilde meshleme işleminin yapılması gerekir.

Meshleme işleminde, modeller triangular geometriye sahip elemanlardan oluşturulmuştur. Modellerdeki yapıların merkezine yakın bölgelerde gerektiğinde yapının tamamlanabilmesi için daha az düğüm noktalı elemanlar kullanılmıştır. Modeller mümkün olan en yüksek sayıda elemana bölünerek analizde gerçeğe en yakın sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır. Çene modellerinde bulunan sivri



geometriye sahip alanlarda analizde doğruluğu arttırmak amacıyla düzenlemeler yapılmıştır.

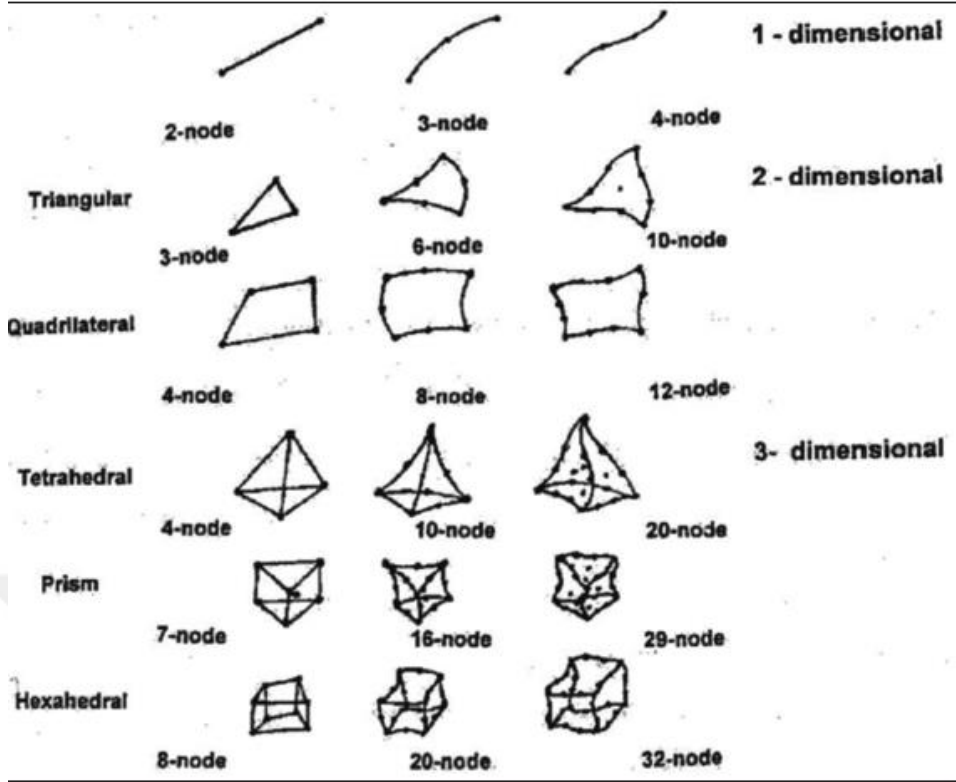
**Tablo 3.1. Materyal özellikleri.**

Materyal	Elastiklik Modülü	Poisson oranı
Diş	18600 MPA	0.31 (77)
Kortikal kemik	14000 MPA	0.30 (77)
Periodontal ligament	69 MPA	0.45 (77)
Mid-palatal sutur	1 MPA	0,49 (78)
Akrilik	2400 MPA	0,30 (79)
Çelik	210000 MPA	0,35 (80)
Palatal mukoza	200 MPA	0,35 (80)

Tüm modeller lineer, homojen ve izotropik materyaller olarak kabul edildi. Materyalin homojen olarak tanımlanması, özelliklerinin yapısal her elemanda benzer olduğunu belirtir. İzotropik özellikte tanımlanan materyaller, yapısal elemanın her yönde materyal özelliklerinin aynı olduğu durumu tanımlamaktadır. Linear elastikide; uygulanan streslerle orantılı olarak yapının deformasyon veya gerinim göstermesidir.

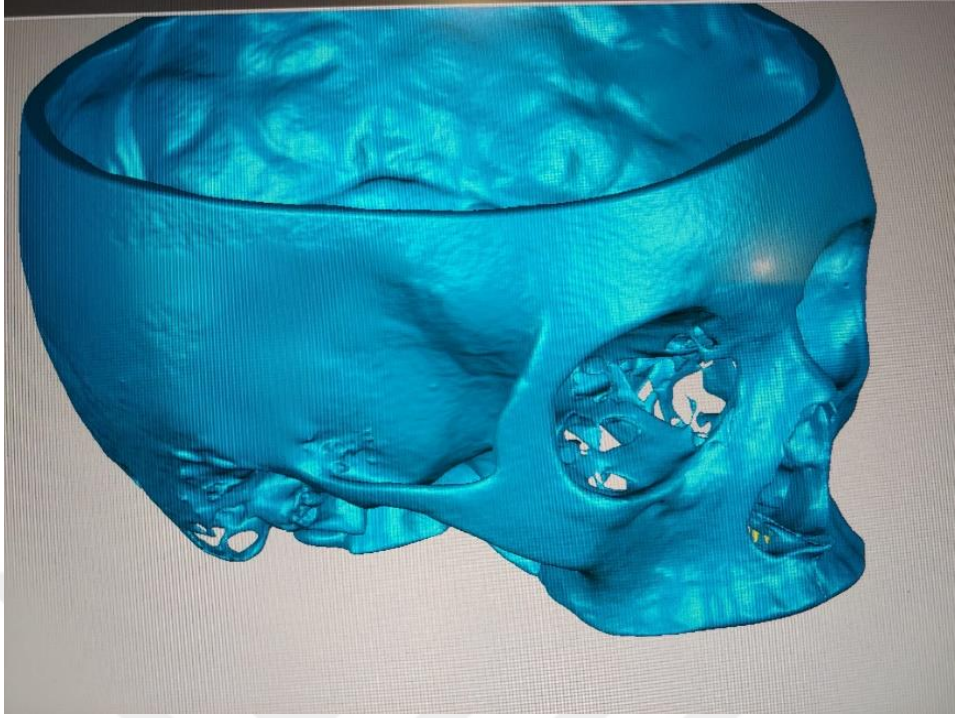
Kafatası geometrisinin bilgisayar ortamına aktarılması amacıyla erişkin dişli hasta KIBT yardımıyla görüntüledi. Dokular, KIBT i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA) tarandı. Taramada 120 kilovoltaj (kvp), 4 miliamper (mA)'de 40 saniyelik tarama ile 576 kesit elde edildi. Daha sonra hacimsel veri 0.3 mm kesit kalınlığı ile rekonstrükte edildi. Rekonstrüksiyon sonucunda elde edilen kesitler, DICOM formatında Mimics Medikal 21.0 (Materialise, Leuven, Belgium) yazılımına aktarıldı.

Mimics 3 boyutlu görüntü işleme yazılımı MR, BT ve KIBT gibi pek çok görüntüleme yöntemi ile elde edilen verilerden, bilgisayar ortamında doku modellerinin oluşturulabildiği bir yazılımdır. Yazılım ile oluşturulan modeller üzerinde düzeltmeler yapılabilmektedir.



Şekil 3.1. SEA'da kullanılan eleman tipleri Ramoğlu M. (81)'ndan alınmıştır.

Mimics yazılımında diş, kemik ve diğer dokular DICOM verileri ve hounsfield değerleri yardımıyla "threshold" yöntemi kullanılarak ayrıştırıldı. Mask yöntemiyle KIBT'den elde edilen veriler 3 boyutlu model haline getirildi. Elde edilen 3 boyutlu kafatası modeli üzerindeki düzensiz alanlar ve görüntü hataları Mimics yazılımı yardımıyla düzenlenerek çalışmamızda kullanılacak 3 boyutlu model elde edilmiştir. 3 boyutlu model Mimics yazılımından. stl formatı kullanılarak bilgisayar destekli tasarım programına aktarıldı.

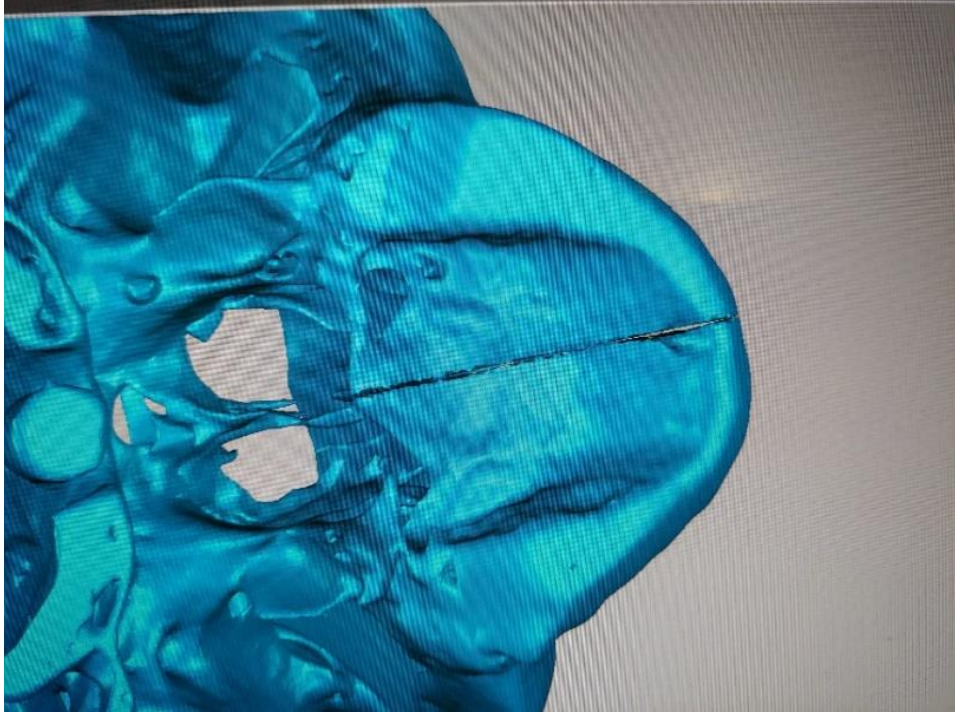


**Şekil 3.2. Kafatasının mimics yazılımı yardımıyla modellenmesi.**

CDHÜG yetişkinlerde tercih edilen bir prosedürdür, bu sebeple çalışmada kullanılan modelde yetişkin bireylerdekine benzer üst çene genişlemesinin gerçekleşmesi için mid-palatal sutur hariç tüm kranial suturların etrafındaki kemik dokusuyla benzer materyal özelliği gösterdiği ve kapalı olduğu varsayılmıştır (82,83).

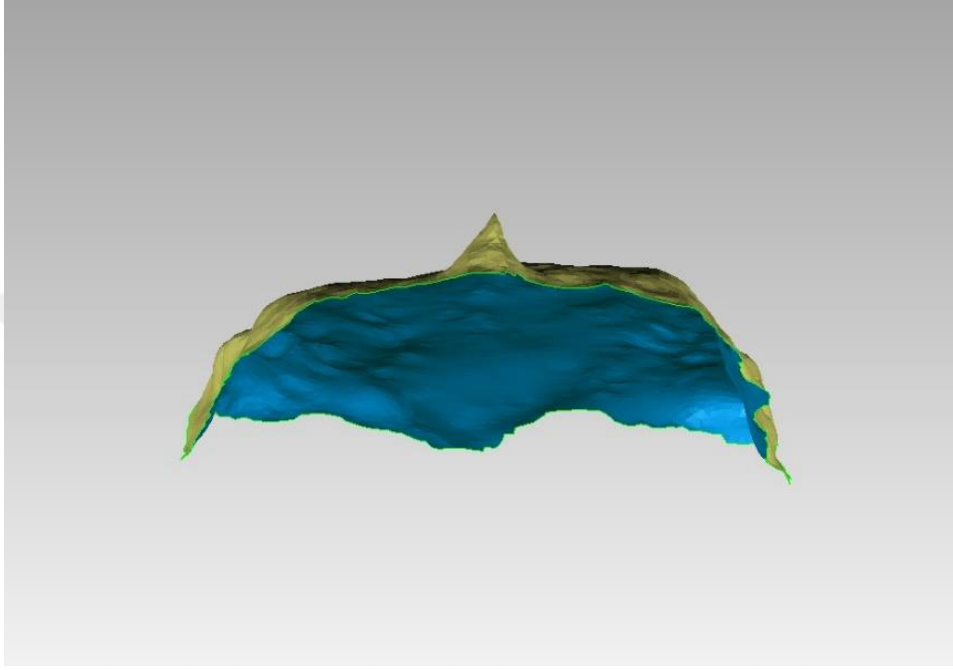


**Şekil 3.3. Mimics yazılımı yardımıyla dişlerin modellenmesi.**



**Şekil 3.4. Mid-palatal suturun modellenmesi.**

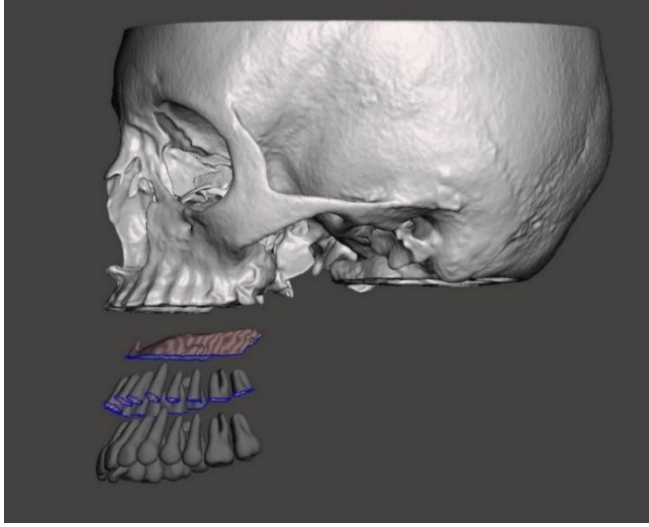
Mid-palatal sutur, karmaşıklığın azaltılması ve analizin kolaylaştırılması amacıyla birbirine geçmeden modellenmiştir. Bu, modelin doğruluğunu etkilememelidir, çünkü diğer çalışmalar açıkça mid-palatal suturun ana direnç kaynağı olmadığını göstermiştir (84).



**Şekil 3.5. Palatal mukozanın modellenmesi.**

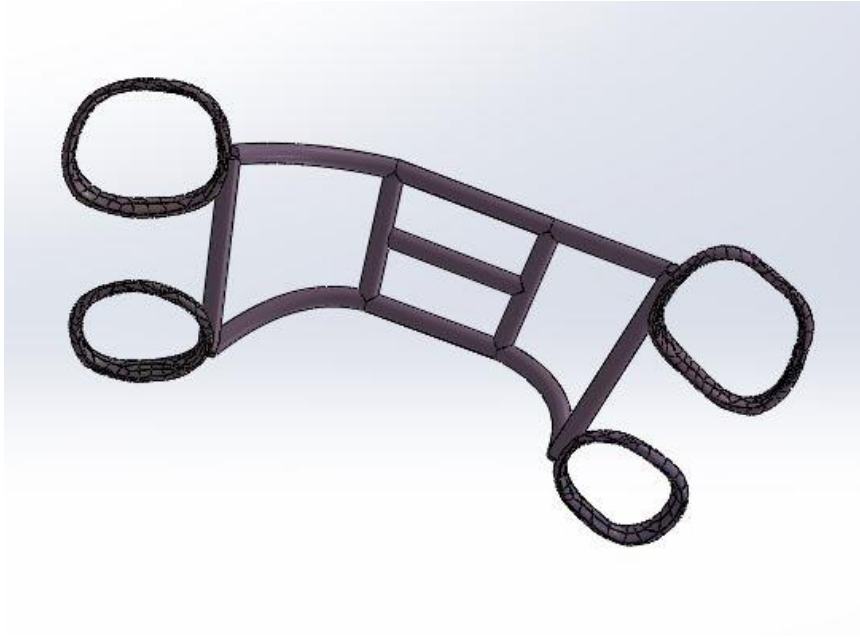
Palatal mukoza kalınlığı literatürle uyumlu olarak uniform kalınlıkta ve 3 mm olacak şekilde modellendi. Mid-palatal sutur ve periodontal ligamentin (PDL) materyal özellikleri yayınlanmış çalışmalardakine benzer değerler kullanıldı.

Periodontal ligament dişler etrafında farklı kalınlıkta olduğu için KIBT yardımıyla modelleme zorluğundan dolayı her diş etrafında 0,25 mm kalınlıkta olacak şekilde modellendi (77,85).

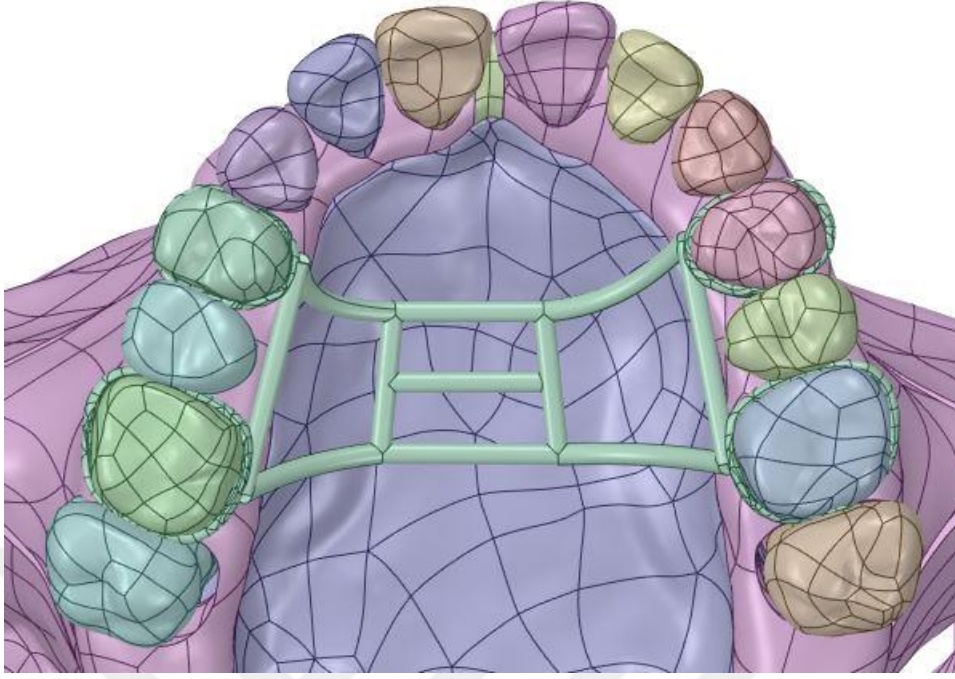


**Şekil 3 6. Modellerin birleştirilme işlemi.**

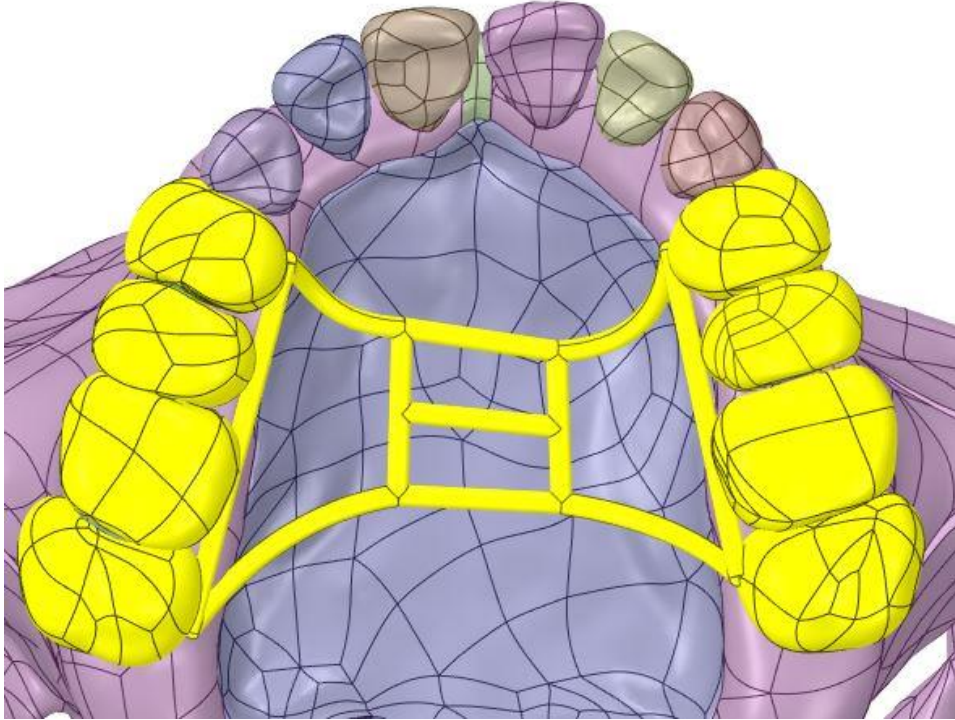
Çalışmamızda 3 farklı aparey tipi kullanılmıştır. Apareyler gerçek modeller kullanılarak (Haas, Hyrax ve bonded) tersine mühendislik yardımıyla modellendi. Tersine mühendislik işlemleri Autodesk Meshmixer (Autodesk inc. San Rafael, Kaliforniya, ABD) programı kullanılarak yapıldı. Kafatası osteotomisi ve aparey tasarımları “SpaceClaim 2019”, Solidworks (SolidWorks Corp. Waltham, Massachusetts, ABD) ve Autodesk inventor (Autodesk inc. San Rafael, Kaliforniya, ABD) yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



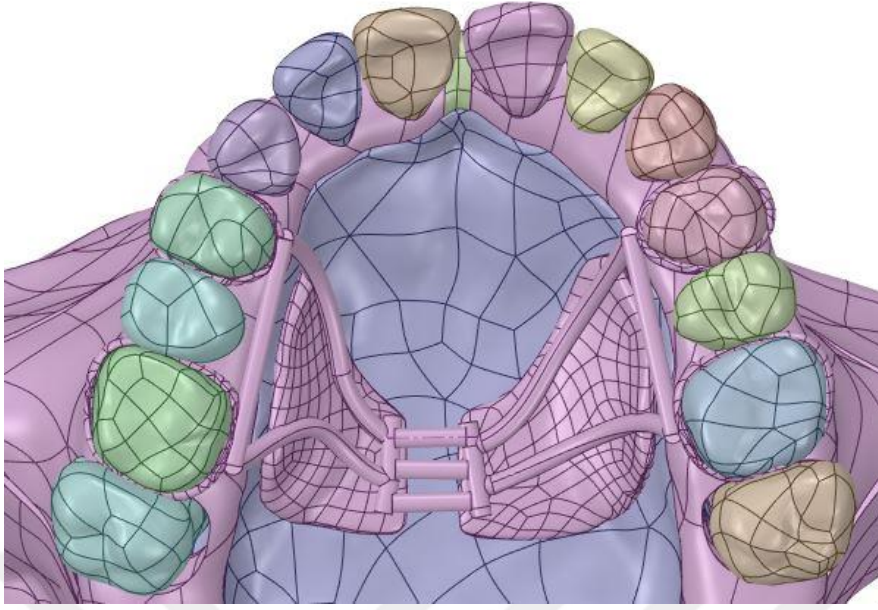
**Şekil 3.7. Hyrax genişletme apareyinin bilgisayar destekli tasarım modeli.**



**Şekil 3.8. Hyrax genişletme aparatının modellenmesi.**

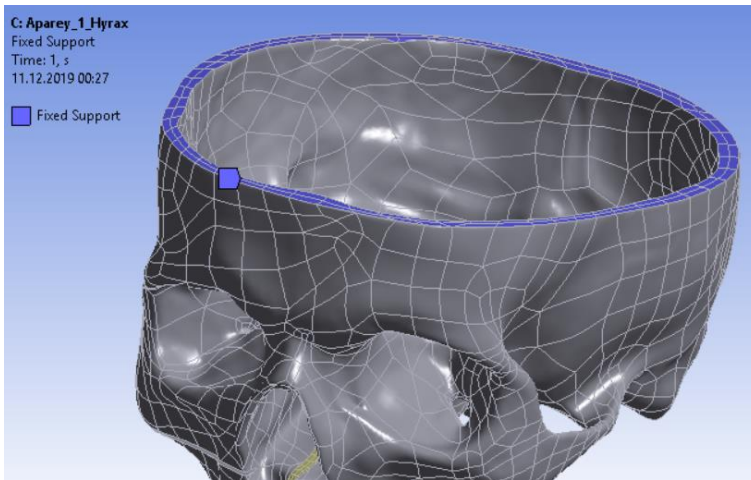


**Şekil 3.9. Bonded genişletme aparatının modellenmesi.**



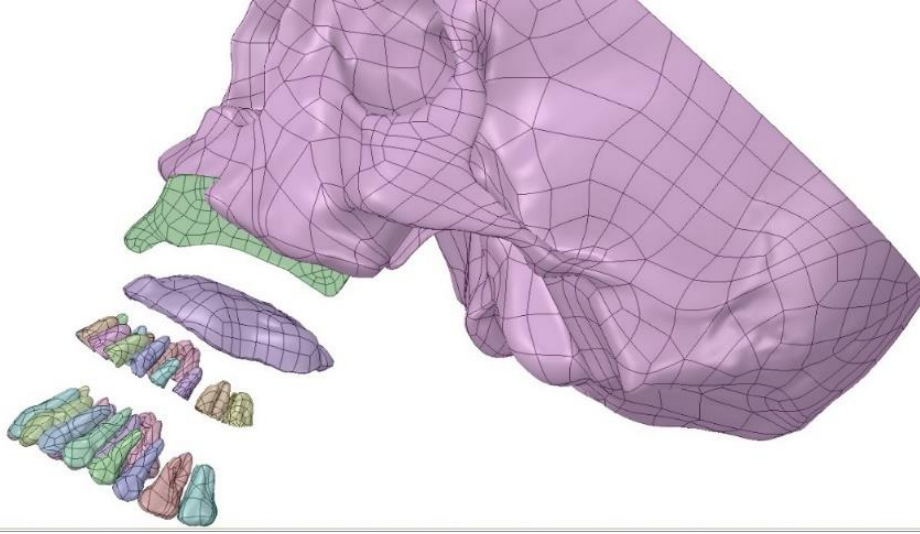
**Şekil 3.10. Haas genişletme apareyinin modellenmesi.**

Sınır koşulu olarak (şekil 3.10), kafatasının üst kısmından sabitlenmiş (x, y ve z yönünde hareket ve rotasyon yok), apareylere de sağdan ve soldan 2,5 mm (y yönünde) yer değiştirme yükü verilmiştir. Meshleme işleminin modifikasyonu Ansys ve Ansys SpaceClaim (Ansys Inc., Canonsburg, Pennsylvania) programları kullanılarak yapılmıştır. Meshleme işlemi triangular elemanlar kullanılarak yapılmıştır. Elemanların boyutları 1 mm olarak belirlenmiştir. Geometrik modeller, 3 boyutlu koordinatlar korunarak Ansys (Ansys Inc., Canonsburg, Pennsylvania) yazılımına aktarıldı.



**Şekil 3.11. Sınır koşullarının belirlenmesi.**





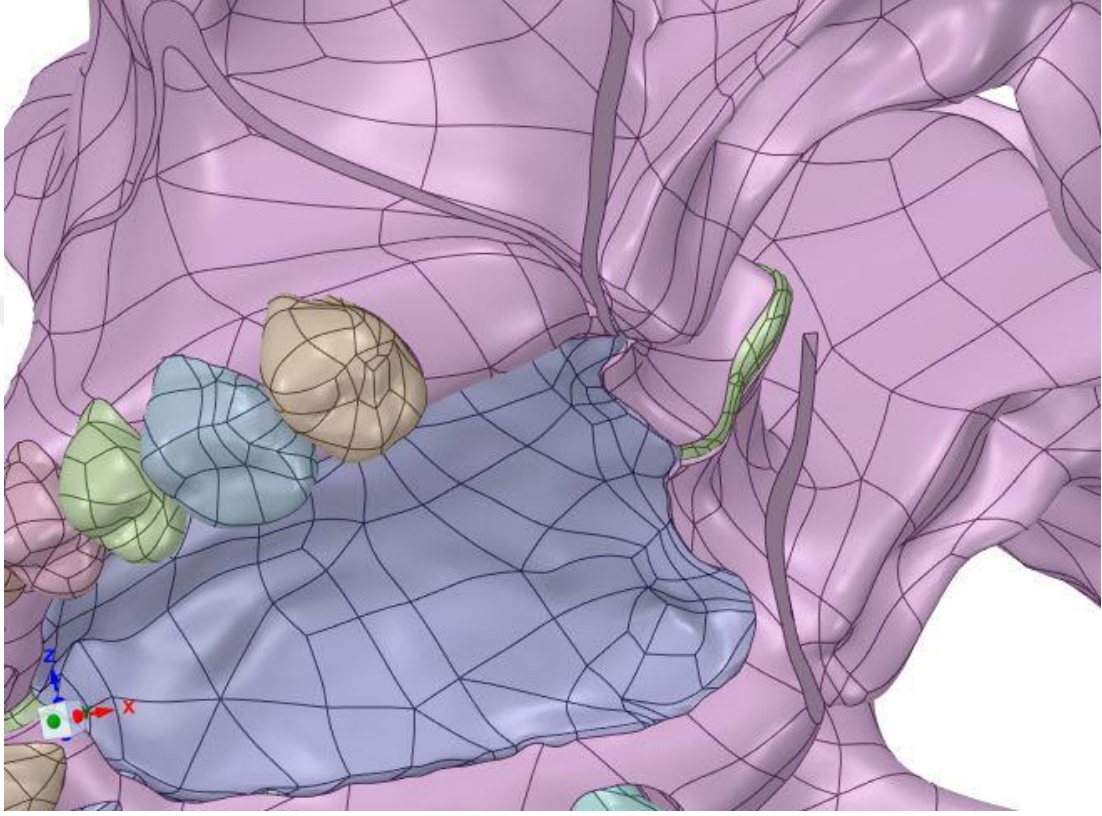
**Şekil 3.12. Dişler, PDL, palatal mukoza, mid-palatal sutur ve kafatasının sonlu eleman modelleri.**

Farklı kesi ve aparey modellerine göre değişkenlik göstermekle birlikte analizleri gerçekleştirmek için ortalama 677000 düğüm ve 389000 eleman kullanılmıştır. Oluşturulan modellerin analizleri Ansys Workbench 2019 R3 ortamında static structural modülünde yapılmıştır. Osteotomi hatları literatürde tanımlanmış cerrahi tekniklere uygun şekilde kemik segmentleri arasında 1 mm boşluk olacak şekilde modellenmiştir (80). SEA sonucunda elde edilen veriler, bilgisayar kullanılarak, matematiksel hesaplamalar sonucu elde edildiğinden istatistiksel analiz yapılmasına gerek yoktur. Burada önemli olan, kesit görüntülerinin ve düğümlerdeki stres miktarının ve dağılımlarının hassas bir şekilde değerlendirilmesi ve yorumlanmasıdır (86).

Ansys (Ansys Inc., Canonsburg, Pennsylvania) programı yardımıyla yapılan SEA sonucunda geometrik modeller üzerinde istenilen noktaya ait stres, yer değiştirme gibi veriler rahatlıkla elde edilebilmektedir.

Üç boyutlu elemanlarda en büyük normal gerilmeler değeri kayma gerilmelerinin bileşenlerinin sıfır olduğu durumda oluşur. Bu durumda oluşan gerilmeler asal gerilmeler ya da principal stresler olarak adlandırılır. Principal Stres; maksimum principal stres, intermediate principal stres ve minimum principal stres olarak 3'e ayrılır. Genelde  $\sigma_1$  en büyük pozitif değeri,  $\sigma_2$  en küçük negatif değeri ve  $\sigma_3$  ise ara bir değeri göstermektedir.

Analiz sonuçlarında artı değerler gerilme streslerini, eksi değerler ise sıkışma streslerini belirtmektedir. Stres verilerinin mutlak değerinin büyüklüğü materyalin üzerinde etkili olan stres tipini belirlemektedir (74).



**Şekil 3.13. Osteotomi hatlarının (pterigomaksiller osteotomi) modellenmesi.**

Bir adet üç boyutlu stres elemanın x, y, z düzlemlerine bir adet normal stres ve iki adet kesme stresi etki eder. Kesme (kayma) stresi,  $\tau$  (tau) simgesi ile gösterilir. Dolayısıyla herhangi bir üç boyutlu elemanın stres durumu tamamen üç normal ve üç kesme stres bileşeni şeklinde tanımlanır. Kemik gibi kırılğan materyallerde başarısızlık hesaplanırken asal gerilmeler göz önünde bulundurulmalıdır. Çünkü maksimum basma ve çekme gerilmeleri, en yüksek basma ve çekme dayanıklılığına eşit veya daha büyük değerlerde olduğunda materyalde başarısızlık oluşur.

**Tablo 3.2 Çalışmamızda kullanılan osteotomi teknikleri.**

Osteotomi teknikleri	Konvansiyonel osteotomi
	Unilateral osteotomi
	Quadrangular lefort-1 osteotomi (High le-fort)
	Modifiye osteotomi
	3 segmentli osteotomi
	2 segmentli osteotomi
	Basamaklı osteotomi

$\sigma_1$ : Maksimum principal stresi ölçülen en yüksek asal stresi simgeler.

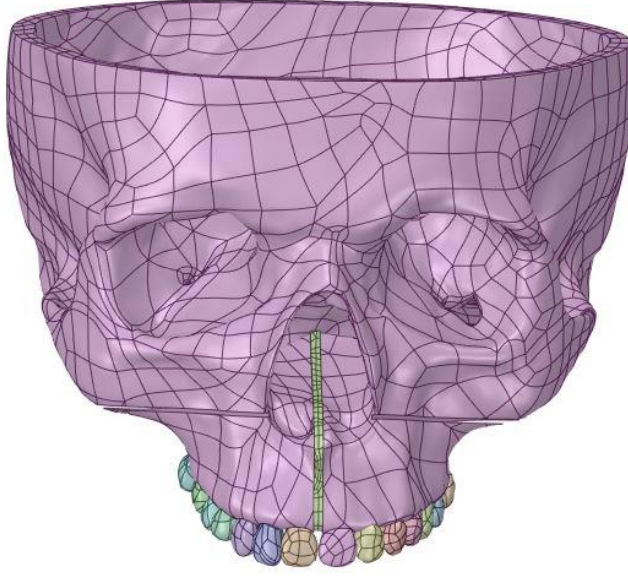
$\sigma_2$ : minimum principal stresi simgeler, ölçülen en düşük asal stresi simgeler.

Von Mises Stresi, akan (ductile) materyaller için, deformasyonun başlangıcı olarak tanımlanır ve 3 asal stres değerinden hesaplanır.

### **3.2. Tez çalışmamızdaki modellerde kullanılacak osteotomi dizaynları.**

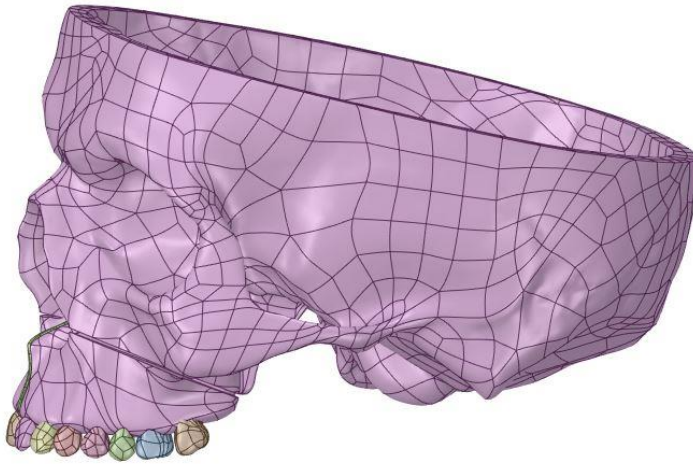
Çalışmamızda kullanılan osteotomi modelleri literatüre uygun olarak bilgisayar ortamı üzerinde yapılmıştır. Konvansiyonel osteotomi tekniği (87), basamaklı osteotomi (88), Unilateral osteotomi, Kuadrangular lefort-1 osteotomisi (89), modifiye osteotomi tekniği (90), 3 segmentli CDHÜG osteotomisi (91,92) ve 2 segmentli CDHÜG (91) osteotomisi çalışmamızda kullanılmıştır. Pterigomaksiller birleşimin önemli bir direnç noktası önceki SEA çalışmalarında net olarak belirtildiğinden bütün modellerde bu bölgenin osteotomisi gerçekleştirilmiştir (27,93). Bütün modellerde burun boşluğunun medial duvarlarına osteotomi yapılmamıştır.

### 3.2.1. Konvansiyonel osteotomi.



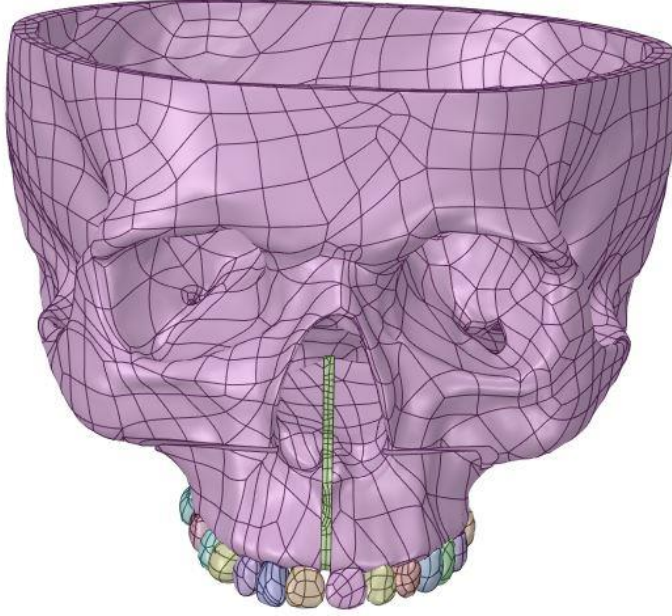
Şekil 3.14. Konvansiyonel osteotomi modeli frontalden görünüm.

Konvansiyonel osteotomide osteotomi hatları diş köklerine 5 mm olacak şekilde modellenmiştir. Osteotomi hattı apertura piriformisten pterigomaksiller birleşime kadar uzatılmıştır.



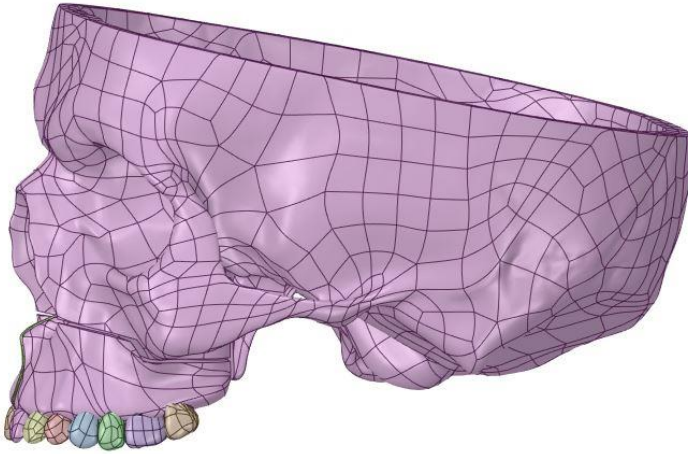
Şekil 3.15. Konvansiyonel osteotomi modeli lateralinden görünüm.

### 3.2.2. Basamaklı osteotomi.



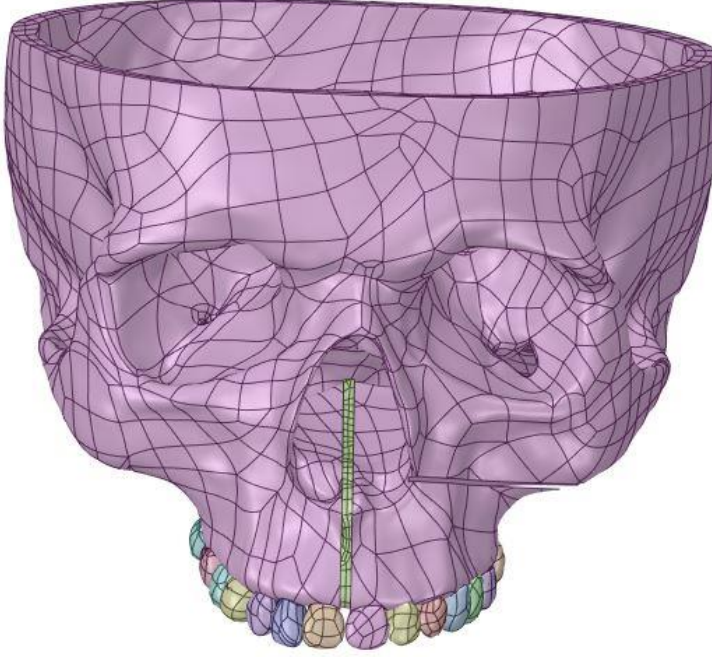
**Şekil 3.16. Basamaklı osteotomi modeli frontalden görünüm.**

Basamaklı osteotomi modelinde apertura piriformisten osteotomi hattı zigomatik kemiğin ön kısmına kadar uzatılır. Zigomatik kemiğin ön kısmında  $135^\circ$  açı yaparak zigomatik kemiğin alt kısmına osteotomi hattı uzatılır. Osteotomi hattı zigomatik kemiğin alt kısmından oklüzyon düzlemine paralel olacak şekilde pterigo maksiller birleşime uzatılır.



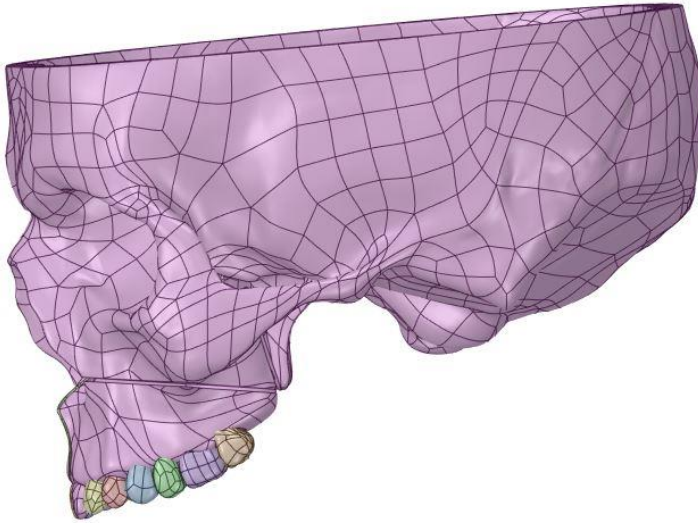
**Şekil 3.17. Basamaklı osteotomi modeli lateralden görünüm.**

### 3.2.3. Unilateral osteotomi.



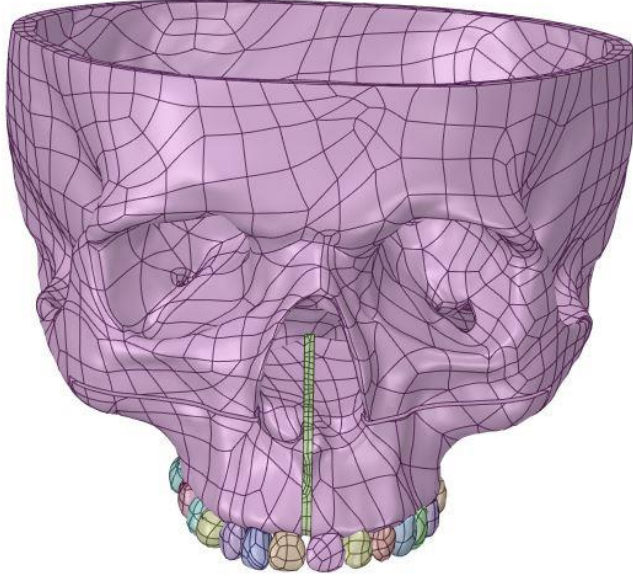
**Şekil 3.18. Unilateral osteotomi modeli frontalden görünüm.**

Unilateral osteotomi konvansiyonel osteotomi dizaynına benzer şekilde modellenmiştir Konvansiyonel osteotomiden farkı osteotominin hattının sadece üst çenenin sol yarısını içermesidir.



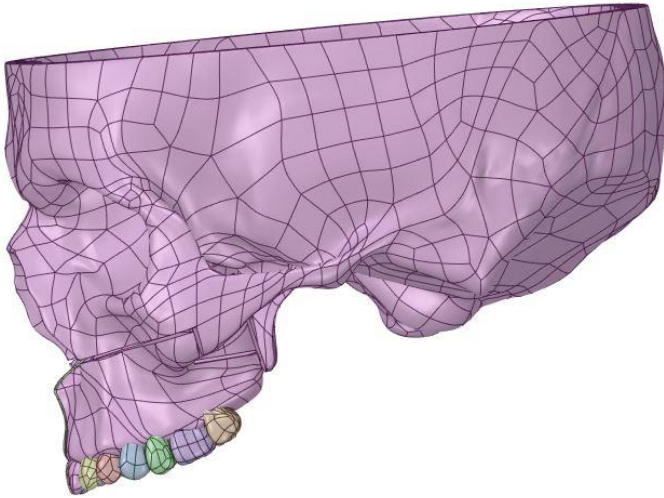
**Şekil 3.19. Unilateral osteotomi modeli lateralden görünüm.**

### 3.2.4. Kuadrangular lefort-1 osteotomisi (High lefort osteotomisi).



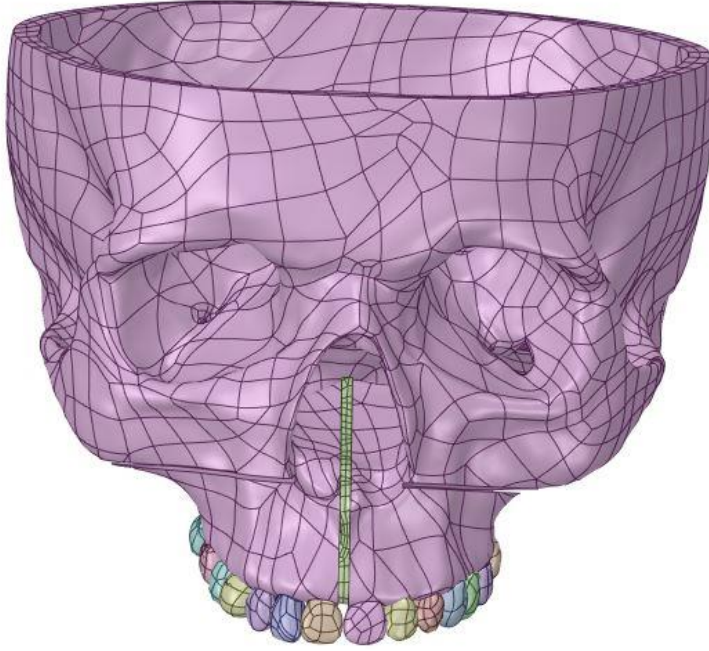
Şekil 3.20. Kuadrangular lefort-1 osteotomisi modeli frontalden görünüm.

Kuadrangular lefort-1 osteotomisi infraorbital foramenden en az 5 mm uzaklıkta olacak şekilde osteotomi hattı modellenmiştir. Osteotomi hattı apertura piriformisten başlayarak oklüzyon düzlemine paralel olacak şekilde zigomatik kemiğin orta noktasına ulaşır. Zigomatik kemiğin orta noktasından dik bir açıyla sinüs yan duvarına osteotomi hattı uzatılmıştır. Sinüs yan duvarlarındaki osteotomi hattı oklüzyon düzlemine paralel bir şekilde pterigomaksiller birleşime kadar uzatılır.



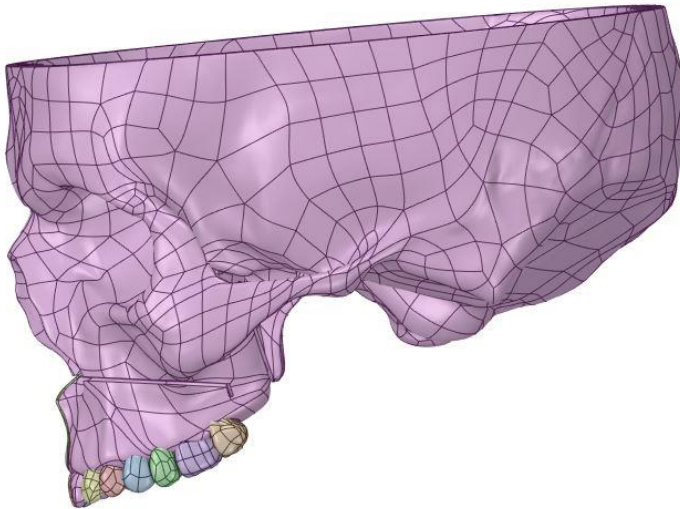
Şekil 3.21. Kuadrangular lefort-1 osteotomisi modeli lateralinden görünüm.

### 3.2.5. Modifiye osteotomi.



**Şekil 3.22. Modifiye osteotomi modeli frontalden görünüm.**

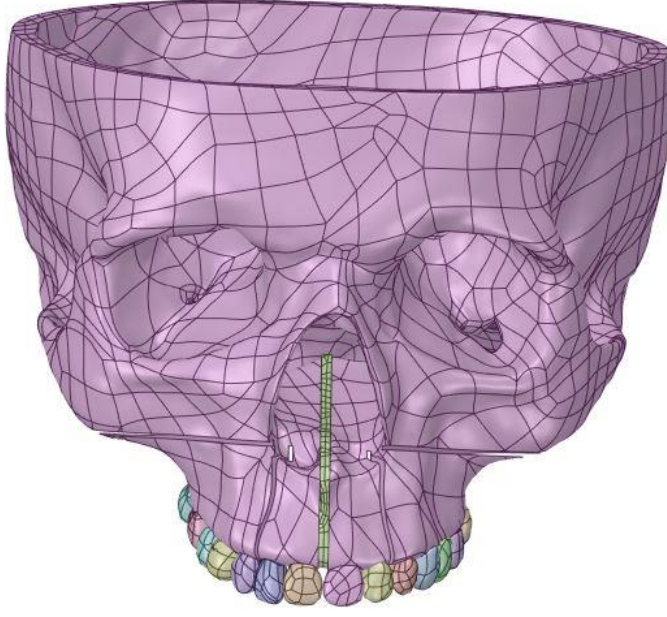
Modifiye osteotomi apertura piriformisten başlayarak molar dişler bölgesine kadar uzanmaktadır. Osteotomi dizaynı konvansiyonel osteotomiye benzer şekilde modellenmektedir. Modifiye osteotomi modelleri pterigomaksiller birleşimi içermeyecek şekilde modellenmiştir.



**Şekil 3.23. Modifiye osteotomi modeli lateralden görünüm.**

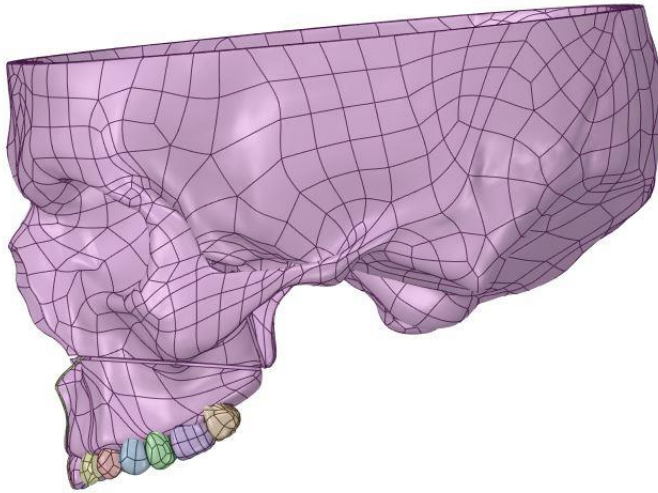


### 3.2.6. 3 segmentli osteotomi.



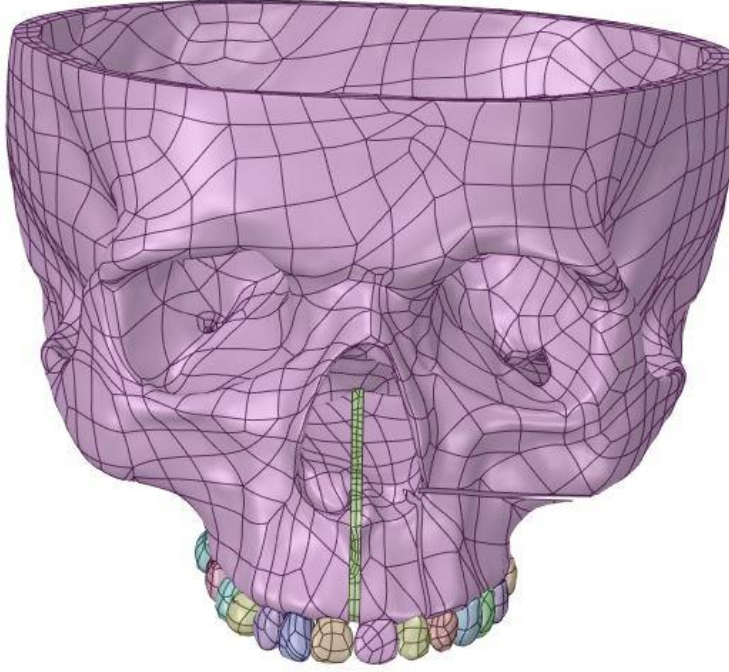
Şekil 3.24. 3 segmentli osteotomi modeli frontalden görünüm.

3 segmentli osteotomi lateral kesici ve kanin dişleri arasında başlayarak apertura piriformise uzanır. Apertura piriformisten başlayan osteotomi konvansiyonel osteotomi dizaynına uygun olacak şekilde pterigomaksiller birleşime uzanır. Santral ve lateral dişler arasında osteotomi palatal bölgeyi ve nazal tabanı içerecek şekilde üst çenenin posterior sınırına uzanır.



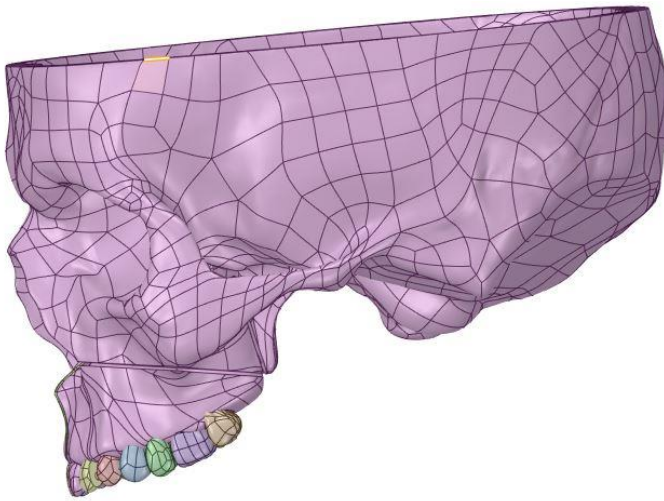
Şekil 3.25. 3 segmentli osteotomi modeli lateralden görünüm.

### 3.2.7. 2 segmentli osteotomi.



**Şekil 3.26. 2 segmentli osteotomi modeli frontalden görünüm.**

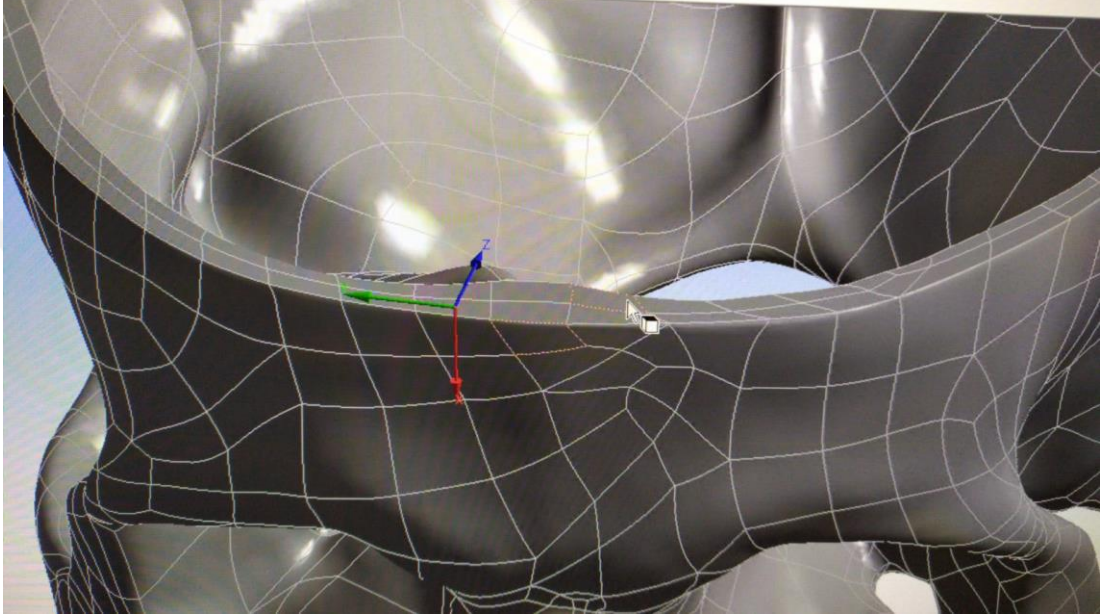
2 segmentli osteotomi 3 segmentli osteotomiye benzer şekilde modellenmiştir. 2 segmentli osteotomi farklı olarak sadece tek taraflı olacak şekilde modellenmiştir. Osteotomi hattı üst çenenin sol yarısında yapılmıştır.



**Şekil 3.27. 2 segmentli osteotomi modeli lateralden görünüm.**

## 4.BULGULAR

Sonuçlar içinde Von Mises, minimum ve maksimum principal gerilmeleri ve X, Y ve Z koordinatlarında yer değiştirme değerlerini içerir. Yer değiştirmeler X- (vertikal), Y- (horizontal) ve Z- (sagittal) eksenlerinde ölçülmüştür. Yer değiştirme miktarı, farklı kraniyofasiyal yapıların farklı noktalarında yönlerine göre gruplandı.



**Şekil 4.1. Yer değiştirme ölçümlerinin yapıldığı eksenler.**

Yer değiştirmenin yorumlanması için + ve – işaretler kullanıldı. Geometrik modelin etrafındaki bir nokta referans noktası olarak seçildi bu noktaya yaklaşan değerler- ile gösterilirken uzaklaşan değerler + ile gösterildi. Hareketlerin ölçümü üç eksenle yapıldı. Tablolardaki x sütunu vertikal eksendeki harekete, y sütunu horizontal eksendeki harekete ve z sütunu sagittal eksendeki harekete ait verileri içermektedir.

Çalışmamızda 7 adet tablo bulunmaktadır. Tablolar osteotomi dizaynlarına ve kullanılan aperlere göre bölümlere ayrılmıştır. Çalışmamızda anterior nazal spina (ANS), posterior nazal spina (PNS), A noktası (A), kanin (KC), 1. Premolar (PMC), 1. Molar dişlerinin cusp tepeleri (MC), kanin kök (KK), 1.premolar palatinal kök (PK) ve 1. molar palatinal kök ucunu (MK) gösteren anatomik noktalara ait veriler kullanılmıştır.

Hyrax apanyi tabloda 1 numara, Bonded genişletme apanyi 2 numara ve haas genişletme apanyi 3 numara ile numaralandırılmıştır. Nazofrontal (N),

zigomatikofrontal (FZ), zigomatikotemporal (ZT) ve zigomatikomaksiller suturların orta noktası ve orbita kenarının en alt (O) noktasındaki veriler değerlendirilmeye dahil edilmiştir. Tablolarda kafatasının sol tarafında bulunan anatomik noktalara ait veriler gösterilmiştir. Tabloda MAP sütununda gösterilen değerler maksimum asal stresleri belirtirken, MİP sütununda gösterilen veriler minimum asal stresleri göstermektedir.



**Tablo 4.1. Konvansiyonel osteotomi.**

Anatomik Noktalar	APAREY	X eksenini (mm)	Y eksenini (mm)	Z eksenini (mm)	MAP	MİP	Von Mises
ANS	Aparyey 1	1,2	1,3	3,1442	0,9	-0,45039	2,7678
	Aparyey 2	1,0774	0,090847	1,816	-0,26718	-1,4779	1,1808
	Aparyey 3	1,288	0,034336	1,3865	-0,000643	-0,78479	0,8792
PNS	Aparyey 1	-0,23	-0,17576	-1,8953	-0,1891	-2,4883	1,8316
	Aparyey 2	-0,88754	-0,46273	-2,4953	0,27143	-0,91024	1,0083
	Aparyey 3	-0,38118	-0,44522	-2,0373	0,1708	-0,41378	0,70919

**Tablo 4.1. Devam Konvansiyonel osteotomi.**

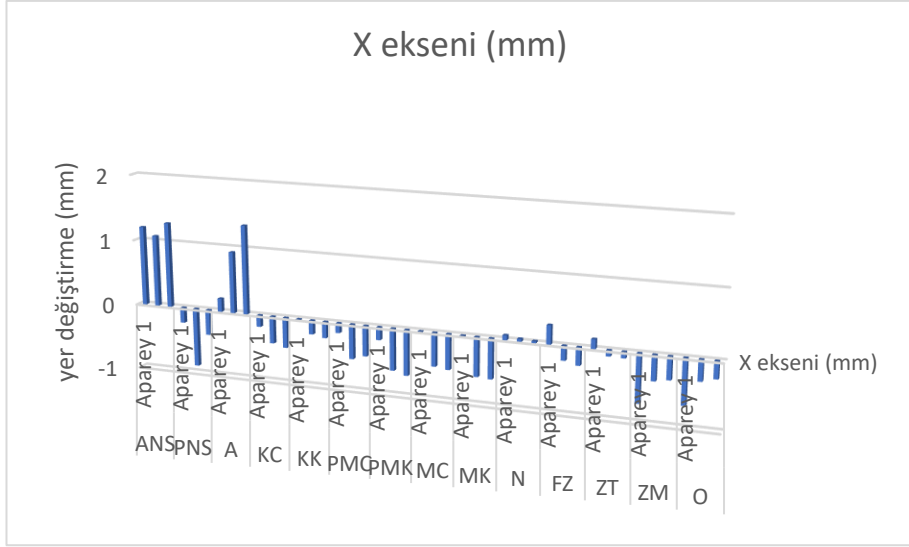
A noktası	Aparey 1	0,2	-0,46	-0,24979	3,7	-1,7781	4,1777
	Aparey 2	0,92819	0,58038	6,0876	-0,12266	-3,2088	2,6657
	Aparey 3	1,3471	0,27797	5,2572	-0,031414	-2,5984	2,0556
KC	Aparey 1	-0,173	-2,6388	-1,4607	0,53925	-0,32167	0,98574
	Aparey 2	-0,4079	-2,7388	-0,87499	1,3899	-2,2218	2,9897
	Aparey 3	-0,45635	-2,7747	-0,96418	50,638	-4,2691	5,6971
KK	Aparey 1	-0,019	-2,0517	-1,2657	149,46	-52,57	177,69
	Aparey 2	-0,20686	-1,3586	-0,62213	62,392	-40,548	91,803
	Aparey 3	-0,24355	-1,2519	-0,54517	2,338	-42,768	83,835
PMC	Aparey 1	-0,146	-2,5	-1,4829	73,714	-43,285	65,78
	Aparey 2	-0,52141	-2,5515	-0,9242	264,02	49,586	847,58
	Aparey 3	-0,45761	-2,8091	-0,93419	65,665	-28,1	16,407
PMK	Aparey 1	-0,19	-2,5	-1,4522	412,27	6,911	332,17
	Aparey 2	-0,62952	-1,7519	-0,82543	91,059	-38,218	129,55
	Aparey 3	-0,68438	-1,5547	-0,73661	3,6796	-62,528	98,786
MC	Aparey 1	-0,015	-2,5	-1,6024	63,068	-58,115	91,71
	Aparey 2	-0,50117	-2,5025	-1,0598	367,95	-413,96	739,1
	Aparey 3	-0,52867	-2,8724	-1,0276	38,438	-7,7903	10,101
MK	Aparey 1	-0,027	-2,5	-1,342	202,7	-236,12	361,77
	Aparey 2	-0,58768	-1,6467	-0,79763	112,86	-64,628	151,51
	Aparey 3	-0,60084	-1,5075	-0,69666	5,304	-28,213	52,801
N	Aparey 1	0,07	0,038	-0,091541	95	-11,098	47,149
	Aparey 2	0,038245	0,017283	-0,016405	4,3672	-7,9276	21,893
	Aparey 3	0,02531	-0,0046565	-0,019026	8,8544	-5,9754	12,849
FZ	Aparey 1	0,28	-0,33	0,07017	56,464	-174,2	205,92
	Aparey 2	-0,21332	-0,21333	0,018943	30,178	-79,444	113,52
	Aparey 3	-0,26413	-0,16898	0,0036993	20,153	-91,26	62,207
ZT	Aparey 1	0,14	-0,12	-0,12474	1,4701	-14,716	86,336
	Aparey 2	-0,085852	-0,10226	-0,13713	0,26746	-76,763	86,568
	Aparey 3	-0,090833	-0,069851	-0,12215	1,2709	-59,05	78,851
ZM	Aparey 1	-0,72	1,09	-0,75848	44,149	-15,359	45,374
	Aparey 2	-0,37492	-0,59483	-0,56393	17,541	-0,41469	20,709
	Aparey 3	-0,33699	-0,53019	-0,4652	26,085	-0,053762	20,738
O	Aparey 1	-0,68	-0,903	-0,64921	105,81	-0,30901	116,63
	Aparey 2	-0,31085	-0,39357	-0,4035	70,767	-0,86098	49,188
	Aparey 3	-0,25407	-0,33891	-0,33816	49,589	-1,2793	58,107

Yapılan analizler sonucunda horizontal yönde en fazla yer değiştirme kanin, Premolar, molar dişler bölgesinde meydana gelmiştir. Haas apareyi (aparey 3) ile yapılan analizlerde dişlerin KC, PC ve MC bölgelerinde diğer apareylere göre daha yüksek oranda yer değiştirme görölmüştür. Diş köklerinde işaretlenen KK, PK ve MK anatomik noktalarında en fazla yer değiştirmeler hyrax genişletme apareyinin olduğu osteotomi gruplarında görölmüştür. Hyrax apareyi gruplarında diş cusp ve köklerinde işaretlenen anatomik noktalarda diğer aparey gruplarına göre daha yakın değerlerde hareket olduğunu göstermiştir, hyrax gruplarında bu nedenden dolayı horizontal yönde daha az devrilme hareketi olduğu düşünölmektedir.

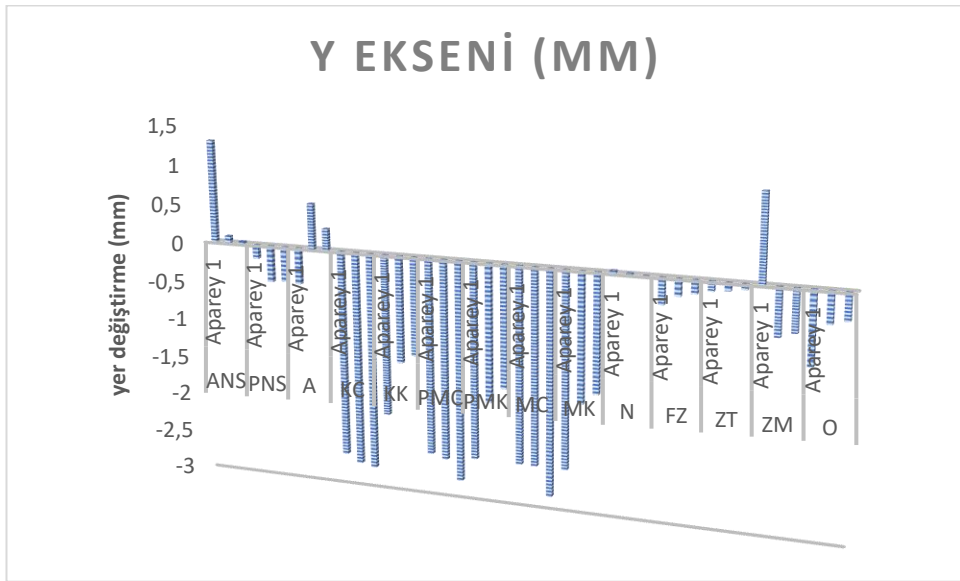
Osteotomi gruplarında vertikal yönde (z) en büyük yer değiştirme ANS noktası etrafında görölmüştür. ANS noktasında aparey gruplarında vertikal yönde en yüksek yer değiştirmeler hyrax apareyine ait gruplarda görölmüştür. ANS noktası etrafında vertikal yönde hareket 3 segmentli ve 2 segmentli osteotomi gruplarında diğer osteotomi gruplarına göre daha az miktarda yer değiştirme gerçekleştiği görölmüştür.

Osteotomi gruplarında O noktası etrafındaki en yüksek maksimum asal stresler modifiye osteotomi grubu hariç en çok hyrax genişletme apareyinin genişletme uyguladığı modellerde görölmüştür. Suturlar üzerinde işaretlenen N, FZ, ZT ve ZM noktalarında en yüksek MAP değerleri hyrax apareyi gruplarında görölmüştür. Suturlar üzerindeki en düşük MAP değerleri ZT anatomik noktası etrafında görölmüştür.

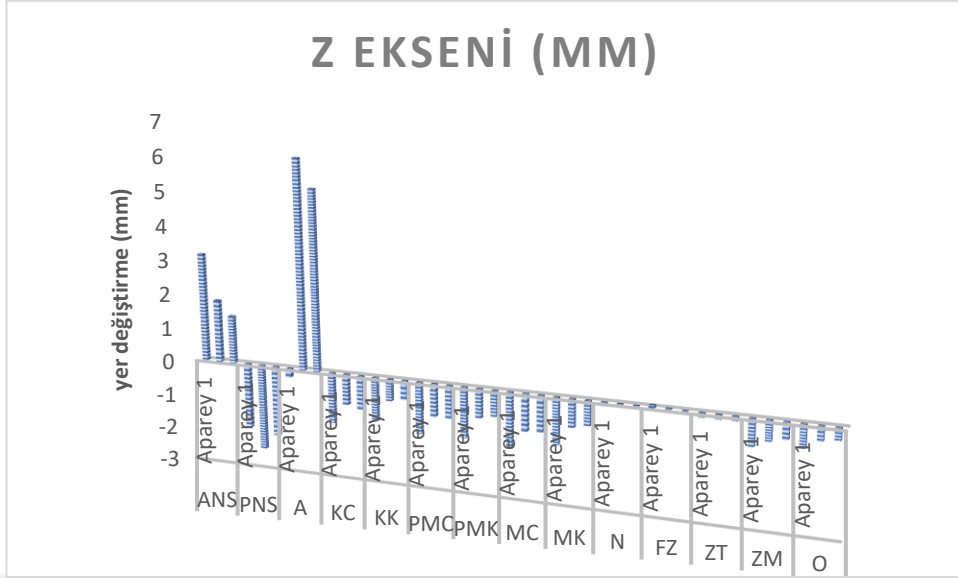
Diş kökleri etrafındaki von mises gerilmeleri haas genişletme apareyi uygulanan gruplarda belirgin derecede azalma göstermiştir. Haas genişletme sadece modifiye osteotomi grubunda von mises gerilmelerinde artışa sebep olmuştur.



Şekil 4.2. konvansiyonel osteotomi x ekseninde yer değiştirme.



Şekil 4.3. Konvansiyonel osteotomi Y ekseninde yer değiştirme.



Şekil 4.4. Konvansiyonel osteotomi z ekseninde yer değiştirme.

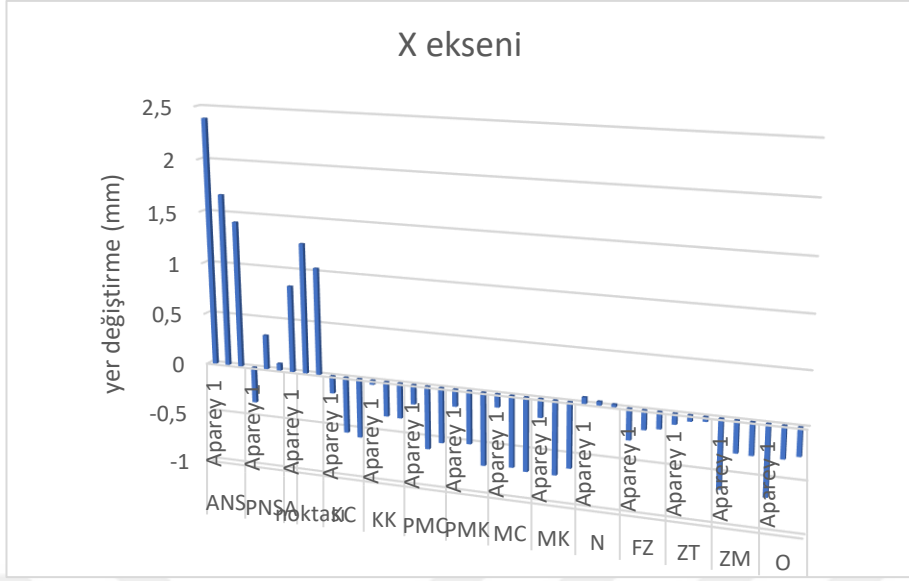
Tablo 4.2. Basamaklı osteotomi.

Anatomik Noktalar	APAREY	X eksen	Y eksen	Z eksen	MAP	MİP	Von mises
ANS	Aparey 1	2,3877	0,089611	3,2737	-0,15932	-2,9037	2,3398
	Aparey 2	1,6698	0,2955	2,0002	-0,23461	-1,17	0,85526
	Aparey 3	1,4164	0,035661	1,2776	-0,043255	-0,84459	0,4417
PNS	Aparey 1	-0,35014	-0,74114	-4,4794	1,2458	-1,3679	1,3311
	Aparey 2	0,33367	-0,25053	-2,6149	0,5517	-1,068	0,86591
	Aparey 3	0,067151	-0,35126	-2,0604	0,30311	-0,89557	0,62993
A	Aparey 1	0,83925	0,99239	8,5871	-1,2106	-4,2224	3,3112
	Aparey 2	1,2599	0,35544	6,1805	-0,032754	-2,5541	1,825
	Aparey 3	1,0349	0,28194	4,8352	-0,32188	-2,4977	1,5945
KC	Aparey 1	-0,16983	-2,6456	-1,3488	0,78005	-0,21968	1,388
	Aparey 2	-0,54572	-2,8025	-0,77067	2,824	-2,369	3,5787
	Aparey 3	-0,57874	-2,6925	-0,92315	2,7097	-5,4653	5,7611
KK	Aparey 1	-0,041029	-2,0288	-1,2622	154,62	-53,337	181,35
	Aparey 2	-0,33739	-1,3143	-0,62441	64,194	-33,554	87,155
	Aparey 3	-0,34093	-1,1559	-0,56741	45,431	-45,783	84,871
PMC	Aparey 1	-0,18845	-2,5	-1,3805	71,532	-75,645	37,557
	Aparey 2	-0,61267	-2,5454	-0,83831	18,49	24,86	634,71
	Aparey 3	-0,53647	-2,8154	-0,88779	4,1372	-24,756	30,994

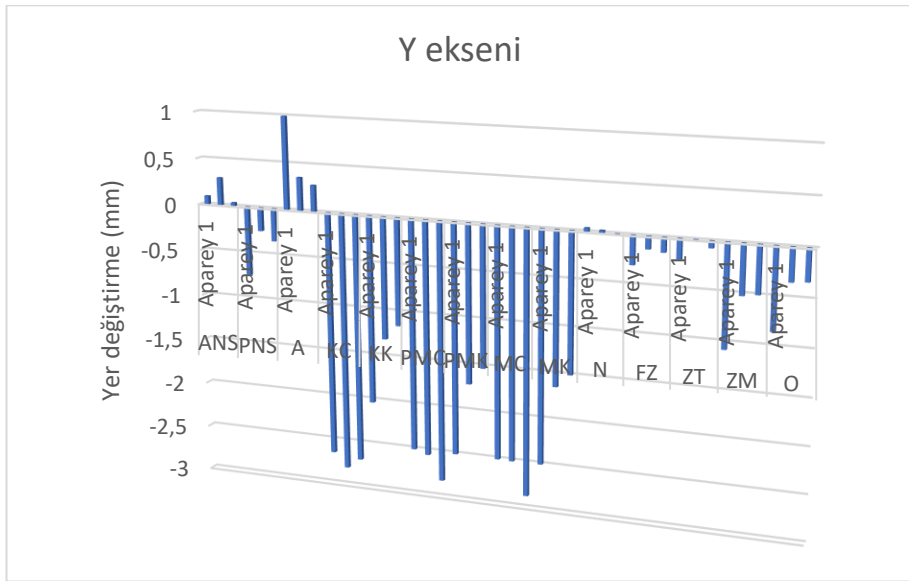


**Tablo 4.2. Devam Basamaklı osteotomi.**

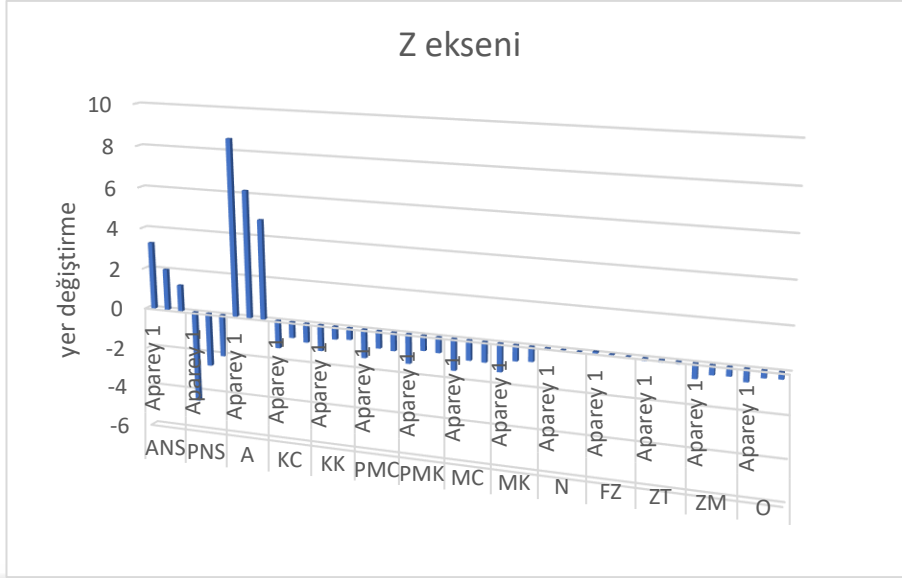
PMK	Aparey 1	-0,16508	-2,5	-1,4247	70,909	-324,2	408,62
	Aparey 2	-0,5145	-1,7118	-0,72541	102,41	-129,53	205,36
	Aparey 3	-0,70906	-1,5265	-0,75503	57,545	-61,207	72,221
MC	Aparey 1	-0,12658	-2,5	-1,5212	66,292	-59,899	103,71
	Aparey 2	-0,69309	-2,5027	-0,96058	481,65	-430,61	786,57
	Aparey 3	-0,71671	-2,8681	-0,97469	8,4129	-3,0044	11,2
MK	Aparey 1	-0,17989	-2,5	-1,352	240,29	-169,1	356,35
	Aparey 2	-0,71606	-1,643	-0,75759	135,88	-109,66	175,74
	Aparey 3	-0,63342	-1,5012	-0,70909	42,93	-33,922	74,302
N	Aparey 1	0,060586	0,039908	-0,082391	61,889	-3,7276	43,117
	Aparey 2	0,035566	0,025499	-0,019577	10,528	-6,6558	29,798
	Aparey 3	0,024663	0,00032677	-0,017269	17,129	-4,8548	17,291
FZ	Aparey 1	-0,29675	-0,30208	0,072814	38,243	-172,63	169,3
	Aparey 2	-0,18455	-0,13119	0,021658	24,272	-56,522	91,93
	Aparey 3	-0,16084	-0,15244	0,0047356	6,5557	-172,22	62,848
ZT	Aparey 1	-0,10148	-0,21112	-0,11815	1,1022	-45,226	66,607
	Aparey 2	-0,057605	-0,017631	-0,11164	14,768	-74,216	64,514
	Aparey 3	-0,043039	-0,072938	-0,11293	-0,38054	-72,614	79,17
ZM	Aparey 1	-0,65737	-1,0793	-0,69879	48,376	-10,072	35,811
	Aparey 2	-0,3036	-0,52229	-0,44832	18,853	0,27424	12,514
	Aparey 3	-0,30913	-0,50032	-0,4242	14,499	0,13818	9,9195
O	Aparey 1	-0,6778	-0,85485	-0,60181	100,81	0,069445	106,2
	Aparey 2	-0,30734	-0,35007	-0,34332	38,579	-0,045708	54,084
	Aparey 3	-0,26758	-0,33543	-0,31827	48,808	-1,5344	44,113



Şekil 4.5. Basamaklı osteotomi x eseninde yer değiştirme.



Şekil 4.6 Basamaklı osteotomi y eseninde yer değiştirme.



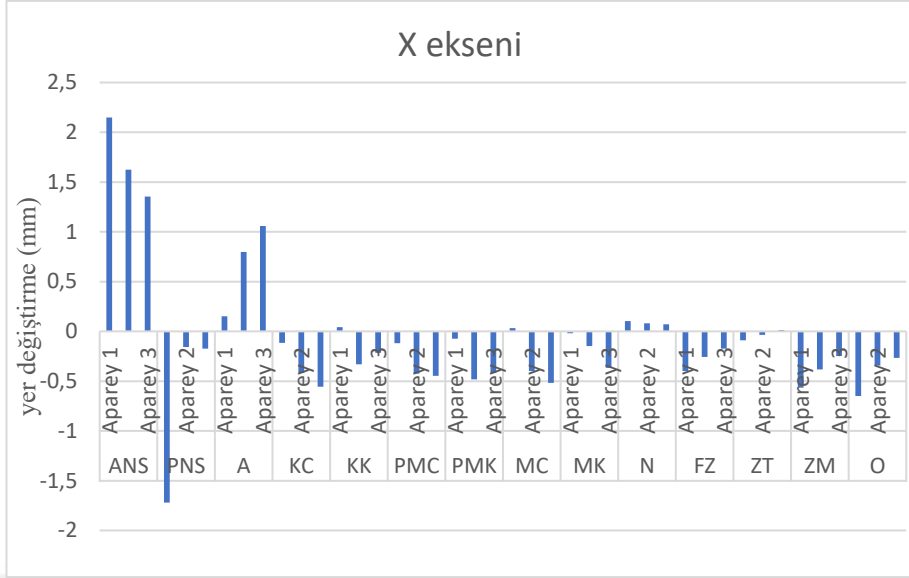
şekil 4.7. Basamaklı osteotomi z eseninde yer değiştirme.

Tablo 4.3. Unilateral osteotomi.

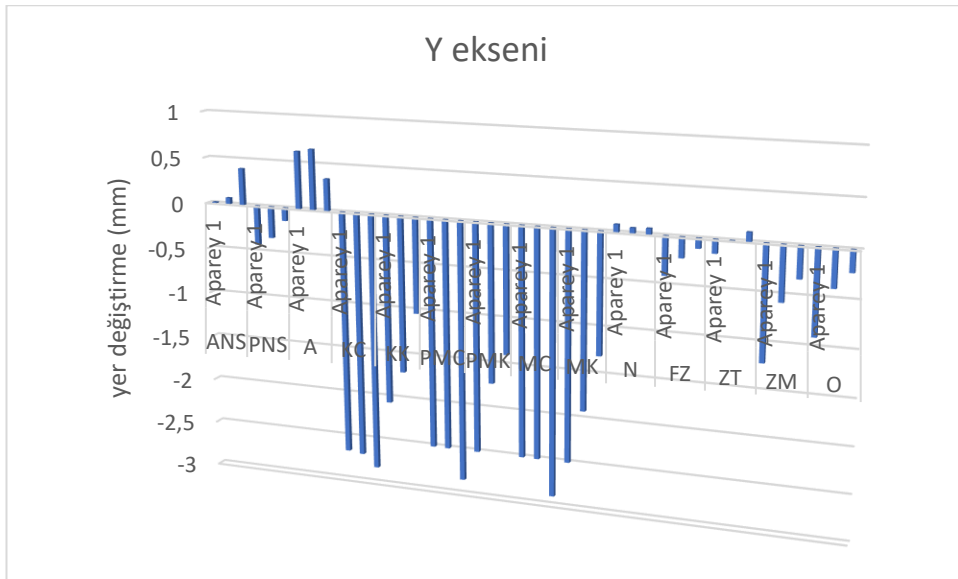
Anatomik Noktalar	APAREY	X eksenine	Y eksenine	Z eksenine	MAP	MİP	Von mises
ANS	Aparey 1	2,1485	0,010985	3,3087	0,4392	-2,3312	1,7149
	Aparey 2	1,6239	0,067371	2,6752	-0,51902	-1,3769	1,243
	Aparey 3	1,3549	0,39689	1,8321	0,42184	-0,55291	1,0425
PNS	Aparey 1	-1,721	-0,42521	-3,046	0,53756	-1,3642	1,7063
	Aparey 2	-0,15862	-0,34022	-3,7655	-0,32054	-1,4525	1,2095
	Aparey 3	-0,17411	-0,14108	-3,3483	-0,10145	-0,84706	0,75387
A noktası	Aparey 1	0,15086	0,62212	8,7192	-0,56348	-4,314	3,6304
	Aparey 2	0,79657	0,65278	6,3048	-0,60812	-3,2393	2,7767
	Aparey 3	1,05752	0,34603	5,3024	-0,27549	-1,5946	1,3797
KC	Aparey 1	-0,11702	-2,6649	-1,5606	1,6131	-1,4145	2,4363
	Aparey 2	-0,41774	-2,685	-1,0547	1,3525	-2,2728	3,513
	Aparey 3	-0,55657	-2,8202	-1,0472	2,5549	-6,0303	9,457
KK	Aparey 1	0,040705	-2,0575	-1,3438	161,88	-53,818	187,32
	Aparey 2	-0,33079	-1,7015	-0,88774	104,31	-85,224	162,32
	Aparey 3	-0,2147	-1,037	-0,53127	91,759	-142,83	184,22
PMC	Aparey 1	-0,1188	-2,5	-1,5865	52,421	-69,535	117,26
	Aparey 2	-0,42419	-2,5	-1,1365	18,701	-24,186	45,701
	Aparey 3	-0,44539	-2,8371	-1,0116	13,83	-42,577	55,917

**Tablo 4.3. Devam Unilateral osteotomi.**

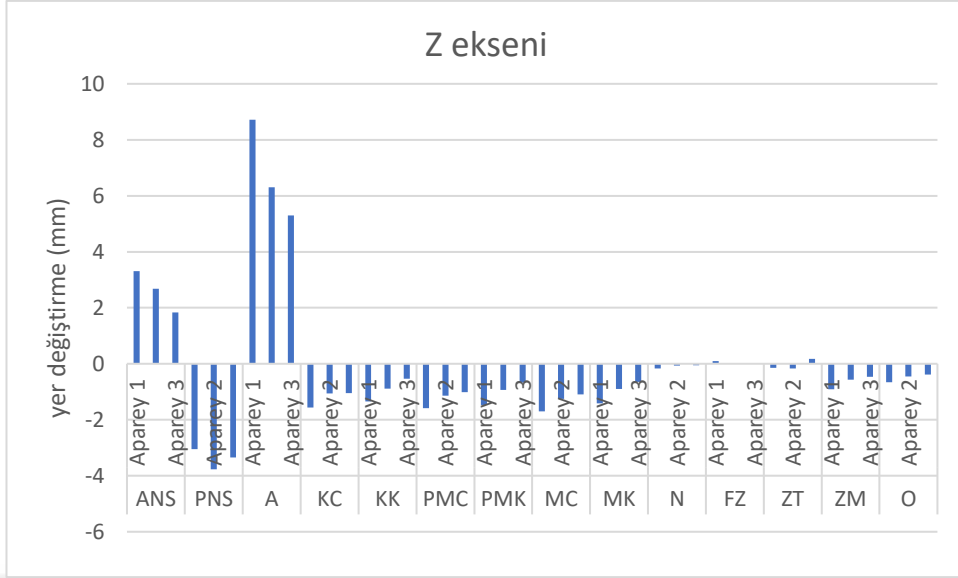
PMK	Aparey 1	-0,073646	-2,5	-1,4721	206,57	-275,6	376,2
	Aparey 2	-0,48268	-1,722	-0,92876	102,26	-76,601	146,12
	Aparey 3	-0,41779	-1,3938	-0,67285	73,46	-57,072	99,07
MC	Aparey 1	0,032013	-2,5	-1,6994	62,049	-55,201	96,598
	Aparey 2	-0,39789	-2,5	-1,2522	34,6	-29,423	55,834
	Aparey 3	-0,51699	-2,8967	-1,0929	6,7002	-9,6459	13,909
MK	Aparey 1	-0,017969	-2,5	-1,4185	223,29	-120,55	326,32
	Aparey 2	-0,14733	-1,9177	-0,89926	70,96	-568,67	555,81
	Aparey 3	-0,36639	-1,3067	-0,6422	60,047	-34,118	83,105
N	Aparey 1	0,10438	0,081125	-0,1685	72,067	-6,6451	100,67
	Aparey 2	0,07997	0,057239	-0,062998	69,186	-3,0029	77,851
	Aparey 3	0,070421	0,063597	-0,052046	57,869	-6,589	62,398
FZ	Aparey 1	-0,39822	-0,40719	0,093	17,94	283,84	337,74
	Aparey 2	-0,25787	-0,2146	-0,003056	-1,5897	-172,08	225,72
	Aparey 3	-0,17198	-0,10489	-0,0057733	-7,9265	-145,36	139,43
ZT	Aparey 1	-0,088347	-0,14268	-0,14463	1,9147	-111,42	113,61
	Aparey 2	-0,033871	-0,0010476	-0,17145	0,49745	-96,132	102,88
	Aparey 3	0,012219	0,09818	0,17006	0,22043	-84,469	79,041
ZM	Aparey 1	-0,56577	-1,2134	-0,9062	20,659	-10,748	24,302
	Aparey 2	-0,38273	-0,58167	-0,56764	28,099	0,55996	27,648
	Aparey 3	-0,24716	-0,33394	-0,4609	22,948	-0,57696	19,778
O	Aparey 1	-0,64782	-0,90156	-0,66343	104,98	-0,70621	104,79
	Aparey 2	-0,34418	-0,39985	-0,45581	79,985	-1,1842	90,105
	Aparey 3	-0,26585	-0,22998	-0,38678	54,425	-2,1112	60,622



**şekil 4.8. Unilateral osteotomi x ekseninde yer değiştirme.**



**şekil 4.9. Unilateral osteotomi y ekseninde yer değiştirme.**



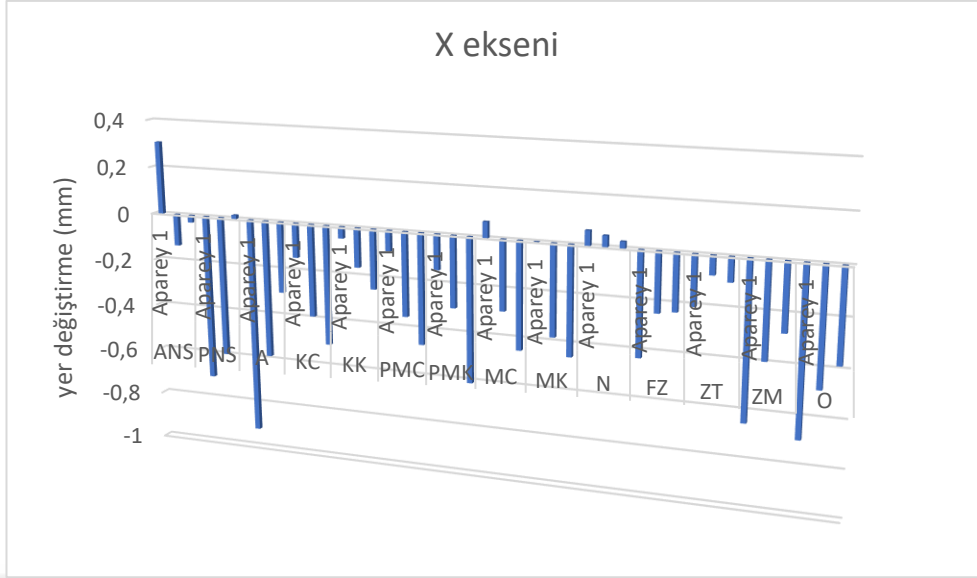
şekil 4.10. Unilateral osteotomi y ekseninde yer değiştirme.

Tablo 4.4. 3 segmentli osteotomi.

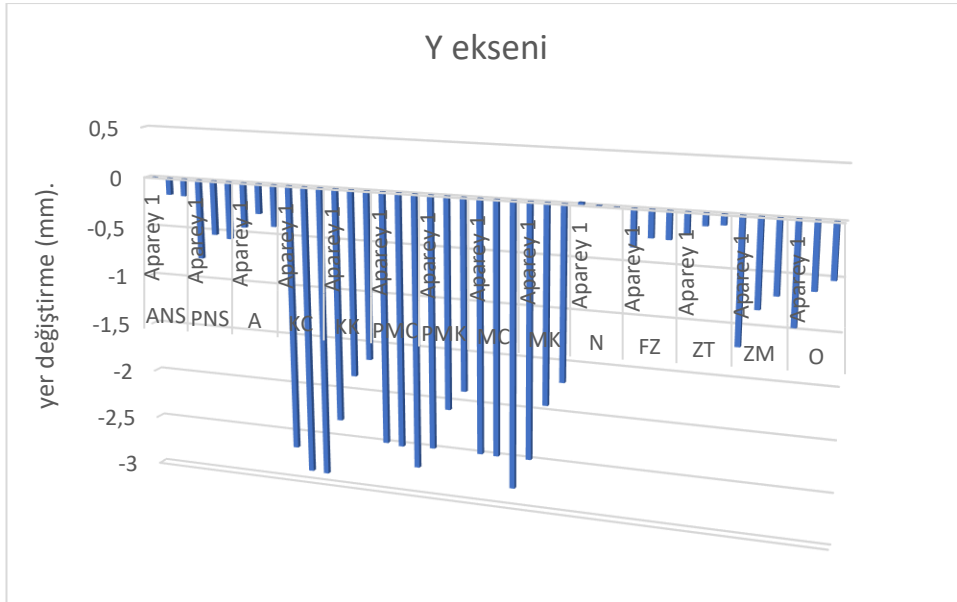
Anatomik Noktalar	APAREY	X eksenine	Y eksenine	Z eksenine	MAP	MİP	Von mises
ANS	Aparey 1	0,30659	-0,0011811	1,1938	-0,056904	-1,5291	1,4351
	Aparey 2	-0,13407	-0,16559	0,70859	-0,0089932	-0,88501	0,88676
	Aparey 3	-0,029633	-0,16994	0,25616	0,064647	-0,46104	0,49808
PNS	Aparey 1	-0,7043	-0,78872	-4,7656	0,096863	-0,99055	1,4315
	Aparey 2	-0,59688	-0,53713	-3,1024	0,13314	-0,69246	1,0311
	Aparey 3	0,016137	-0,5683	-0,020441	0,41723	-0,82981	0,69762
A noktası	Aparey 1	-0,91949	-0,44192	-0,4008	-0,42728	-0,24829	0,19311
	Aparey 2	-0,58451	-0,29535	-0,62112	0,08361	-0,24543	0,098781
	Aparey 3	-0,3008	-0,41311	-0,31698	-0,012537	-0,027569	0,08211
KC	Aparey 1	-0,14495	-2,6613	-1,373	0,7135	-0,28989	0,82142
	Aparey 2	-0,39135	-2,8903	-1,0204	0,63956	-0,25085	0,82749
	Aparey 3	-0,50691	-2,8977	-0,5143	0,60352	-0,2672	0,69724
KK	Aparey 1	-0,047542	-2,3204	-1,1791	31,592	-29,759	57,939
	Aparey 2	-0,16471	-1,8486	-0,81912	26,541	-29,757	47,558
	Aparey 3	-0,25152	-1,6664	-0,30438	5,1308	-16,554	19,836
PMC	Aparey 1	-0,086912	-2,5	-1,3545	23,644	-27,183	37,76
	Aparey 2	-0,3549	-2,517	-1,0197	117,16	-303,52	474,26
	Aparey 3	-0,46725	-2,7162	-0,50402	-0,22542	-7,1652	13,2

**Tablo 4.4. 3. Devam 3 segmentli osteotomi.**

PMK	Apary 1	-0,14777	-2,5	-1,2418	282,69	21,914	242,54
	Apary 2	-0,29975	-2,0884	-0,8907	140,57	-6,5967	114,12
	Apary 3	-0,6088	-1,8873	-0,62182	55,276	-5,1252	69,913
MC	Apary 1	0,066615	-2,5	-1,413	54,032	-43,675	83,179
	Apary 2	-0,29394	-2,5029	-1,0972	289,1	-332,31	540,84
	Apary 3	-0,44996	-2,8109	-0,46084	18,565	-4,3125	11,728
MK	Apary 1	-0,0010788	-2,5	-1,1638	187,13	-182,93	297,52
	Apary 2	-0,38166	-1,9419	-0,83898	97,399	-85,44	133,8
	Apary 3	-0,45643	-1,6996	-0,52604	35,79	-30,128	55,313
N	Apary 1	0,061561	0,02414	-0,090806	45,809	-2,1802	76,414
	Apary 2	0,046264	0,0055744	-0,05336	28,029	-1,6498	36,681
	Apary 3	0,027844	-0,0092125	0,027656	22,727	-1,3972	34,394
FZ	Apary 1	-0,43171	-0,35679	0,11314	43,527	-147,09	230,9
	Apary 2	-0,24568	-0,26138	0,047375	41,985	-148,2	169,42
	Apary 3	-0,23471	-0,26571	-0,21254	29,168	-86,179	126,32
ZT	Apary 1	-0,20665	-0,20555	-0,088408	1,8916	-86,102	119,44
	Apary 2	-0,077479	-0,11754	-0,11647	3,4557	-71,303	79,618
	Apary 3	-0,099723	-0,099602	-0,074971	0,38281	-19,071	68,475
ZM	Apary 1	-0,65112	-1,1976	-0,78641	35,016	-17,452	44,926
	Apary 2	-0,39659	-0,84119	-0,56123	14,683	-1,5669	19,083
	Apary 3	-0,27918	-0,7037	-0,31888	12,531	-9,2216	16,181
O	Apary 1	-0,69425	-0,97738	-0,56742	98,523	-0,3756	109,44
	Apary 2	-0,48733	-0,63375	-0,43139	79,462	-0,49329	77,24
	Apary 3	-0,3861	-0,52381	-0,37411	55,503	-0,34357	56,707

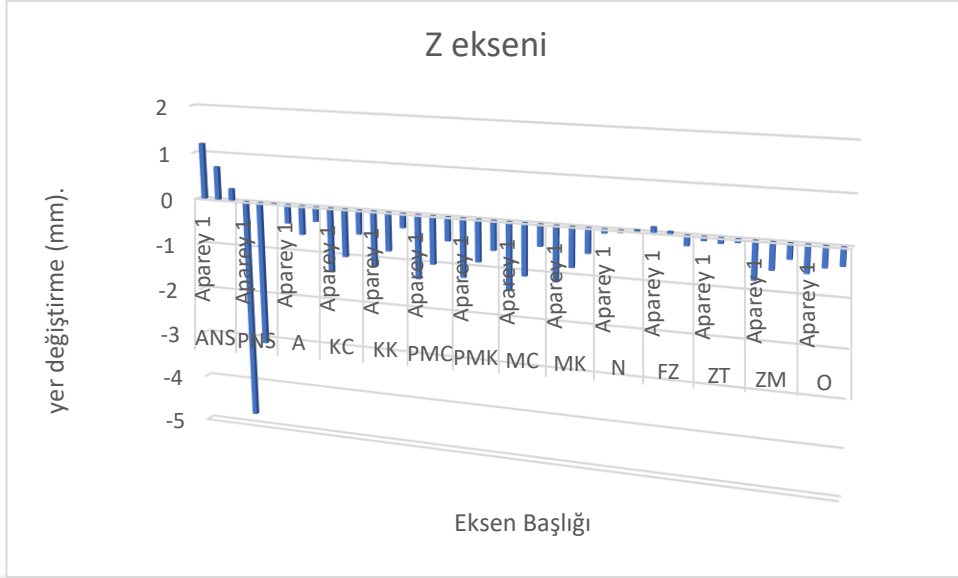


Şekil 4.11. 3 segmentli osteotomide x ekseninde yer değiştirme.



Şekil 4.12. 3 segmentli osteotomide y ekseninde yer değiştirme.





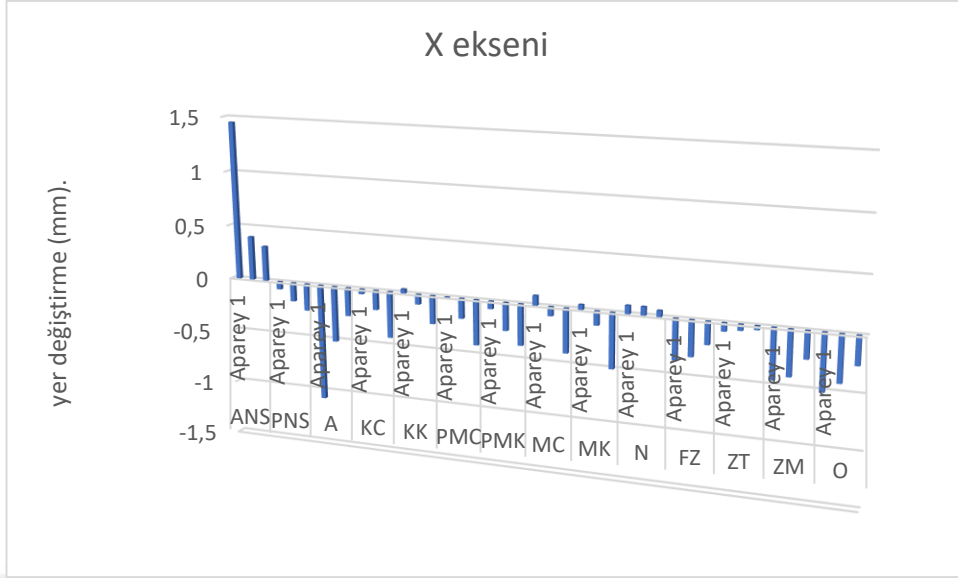
Şekil 4.13. 3 segmentli osteotomide z ekseninde yer değiştirme.

Tablo 4.5. 2 segmentli osteotomi.

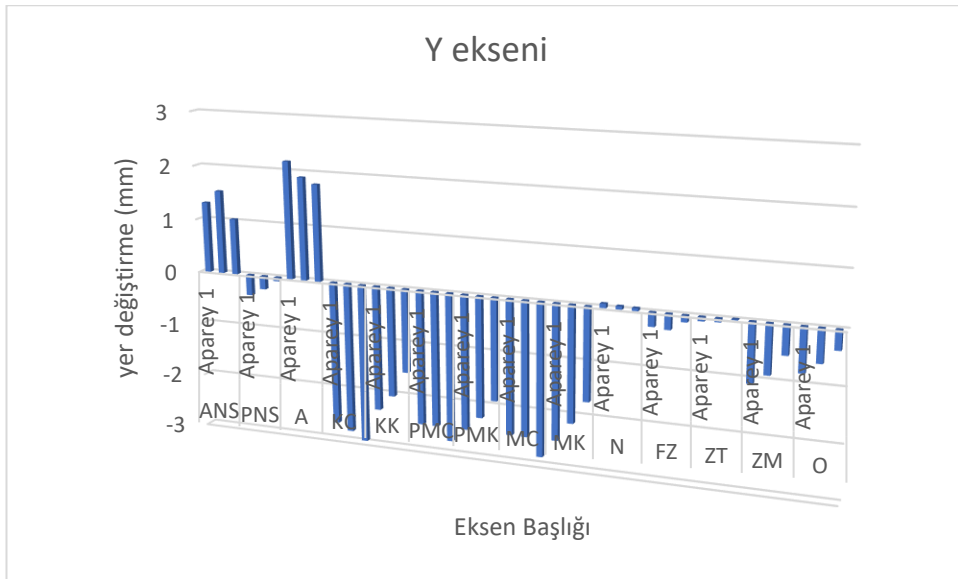
Anatomik Noktalar	APAREY	X eksenini	Y eksenini	Z eksenini	MAP	MİP	Von mises
ANS	Aparey 1	1,4516	1,307	1,1718	0,58852	-1,8366	1,0937
	Aparey 2	0,40171	1,5383	0,95234	0,072117	-1,3306	1,3887
	Aparey 3	0,32182	1,0308	0,55546	0,084369	-0,91061	0,75727
PNS	Aparey 1	-0,070242	-0,37815	-4,7783	0,38353	-1,6443	1,2354
	Aparey 2	-0,17204	-0,24159	-4,5274	-0,098162	-1,6435	1,1996
	Aparey 3	-0,24795	-0,065433	-3,2277	-0,33085	-1,3743	0,89288
A noktası	Aparey 1	-1,0744	2,1745	-0,043395	-0,16749	-0,95954	0,80505
	Aparey 2	-0,51522	1,9007	-0,4601	-0,088975	-0,61994	0,55872
	Aparey 3	-0,26045	1,7892	0,35294	-0,093296	-0,56256	0,57968
KC	Aparey 1	-0,0439	-2,671	-1,3106	0,7984	-0,43999	1,1327
	Aparey 2	-0,17869	-2,7998	-1,173	0,65137	-0,25869	0,89757
	Aparey 3	-0,4252	-2,9583	-0,98087	0,57038	-0,24223	0,66017
KK	Aparey 1	0,038259	-2,3206	-1,1548	30,446	-34,506	74,892
	Aparey 2	-0,090286	-2,0318	-0,97842	32,499	-33,803	53,933
	Aparey 3	-0,25728	-1,5508	-0,69514	4,7085	-18,903	26,266
PMC	Aparey 1	-0,010197	-2,5	-1,3105	10,625	-31,337	29,234
	Aparey 2	-0,18263	-2,5009	-1,1738	163,71	-222,26	113,67
	Aparey 3	-0,41324	-2,7533	-1,0023	1,4745	-4,5177	13,444

**Tablo 4.5. Devam 2 segmentli osteotomi.**

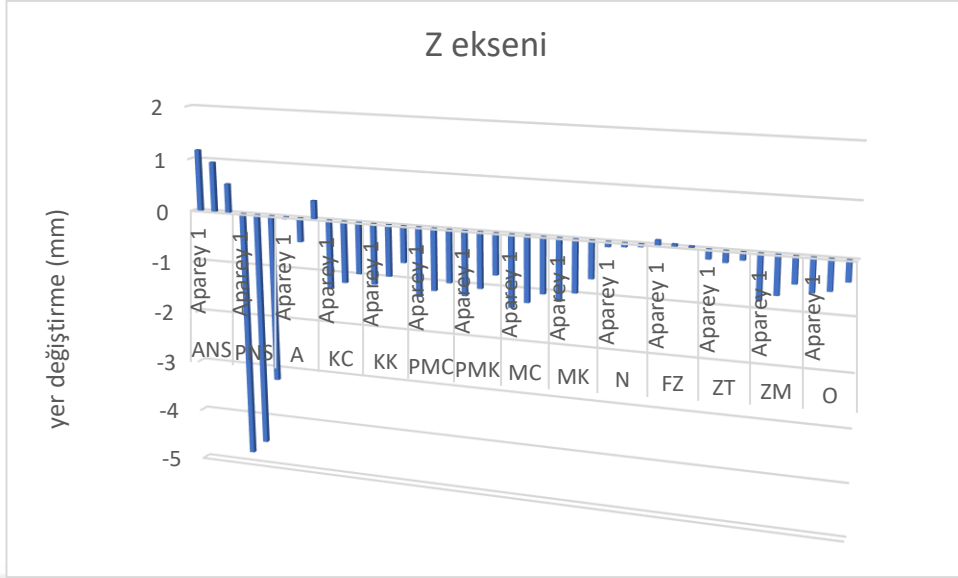
PMK	Apary 1	-0,06873	-2,5	-1,2209	103,14	24,353	249,38
	Apary 2	-0,25444	-2,2457	-1,058	45,409	-60,538	92,366
	Apary 3	-0,37547	-1,8976	-0,7824	7,8777	-5,9401	73,285
MC	Apary 1	0,08917	-2,5	-1,3629	59,751	-51,85	92,986
	Apary 2	-0,082892	-2,5007	-1,2444	101,84	-117,02	134,55
	Apary 3	-0,40326	-2,8416	-1,0567	7,776	-5,9491	22,838
MK	Apary 1	0,045192	-2,5	-1,1676	214,65	-111,98	319,1
	Apary 2	-0,1268	-2,1493	-0,98969	142,78	-110,58	222,41
	Apary 3	-0,5027	-1,7192	-0,70246	51,204	-29,355	78,162
N	Apary 1	0,075351	0,077553	-0,0995	72,839	-2,9564	48,101
	Apary 2	0,077169	0,056696	-0,078334	97,746	-2,6389	72,542
	Apary 3	0,05665	0,049702	-0,055981	29,26	-1,0045	53,85
FZ	Apary 1	-0,36916	-0,251	0,096739	61,431	-52,483	220,18
	Apary 2	-0,32325	-0,2785	0,046076	40,685	-140,22	210,14
	Apary 3	-0,20365	-0,11762	0,030614	13,85	-134,13	154,83
ZT	Apary 1	-0,073124	-0,071945	-0,17995	3,2727	-3,7096	100,06
	Apary 2	-0,053381	-0,062558	-0,21737	2,146	-85,936	120,73
	Apary 3	-0,034391	0,014716	-0,15187	1,2991	-50,391	76,476
ZM	Apary 1	-0,45325	-1,0748	-0,8439	23,251	-11,032	34,663
	Apary 2	-0,4109	-0,89605	-0,7228	14,438	0,11144	24,39
	Apary 3	-0,24466	-0,52455	-0,49649	7,0393	0,11885	20,882
O	Apary 1	-0,5133	-0,80242	-0,62621	115,21	-0,37035	109,76
	Apary 2	-0,42207	-0,60531	-0,5733	94,769	-0,61349	93,68
	Apary 3	-0,25691	-0,35215	-0,38617	60,452	-0,37874	56,56



**şekil 4.14. 2 segmentli osteotomide x ekseninde yer değiştirme.**



**şekil 4.15. 2 segmentli osteotomide y ekseninde yer değiştirme.**



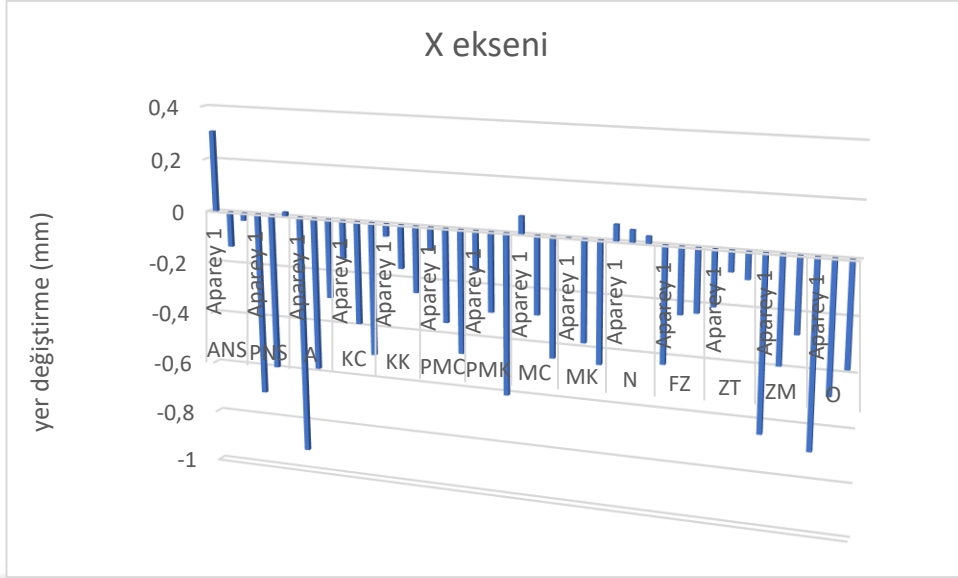
Şekil 4.16. 2 segmentli osteotomide z ekseninde yer değiştirme.

Tablo 4.6. Modifiye osteotomi.

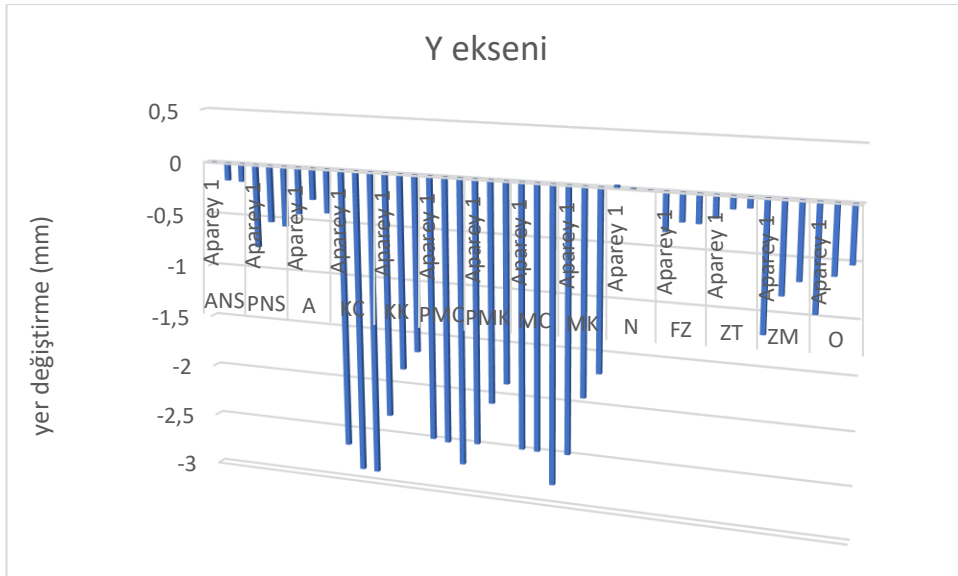
Anatomik Noktalar	APAREY	X eksen	Y eksen	Z eksen	MAP	MİP	Von mises
ANS	Aparey 1	1,4497	0,54662	5,4742	-0,64927	-3,5097	2,3705
	Aparey 2	1,3087	0,15337	3,3534	-0,23578	-2,0841	1,2014
	Aparey 3	1,1347	0,18251	2,0814	-0,2275	-1,0044	0,76069
PNS	Aparey 1	-0,045585	-0,65763	-4,9833	-0,44265	-1,7028	1,2712
	Aparey 2	-0,19321	-0,59603	-3,4922	-0,36149	-1,4857	0,97557
	Aparey 3	0,15831	-0,36415	-2,5483	-0,28036	-1,1477	0,89429
A noktası	Aparey 1	0,47477	1,1974	8,5165	-1,2481	-4,1384	2,6221
	Aparey 2	0,37855	0,35585	6,1981	-0,83478	-2,1282	2,5853
	Aparey 3	0,66188	0,26156	5,3686	-0,10696	-2,383	2,436
KC	Aparey 1	-0,071594	-2,5	-1,5579	43,322	-67,756	107,74
	Aparey 2	-0,34385	-2,5	-1,2302	383,37	-209,25	267,26
	Aparey 3	-0,42465	-2,7993	-1,1944	8,6208	-24,549	29,083
KK	Aparey 1	-0,036414	-2,5	-1,4324	130,88	-213,65	336,23
	Aparey 2	-0,47598	-1,7868	-1,0163	89,089	-36,694	118,66
	Aparey 3	-0,32524	-1,5329	-0,76677	53,644	-25,487	69,977
PMC	Aparey 1	-0,030223	-2,6021	-1,6351	4,0564	-0,83055	4,012
	Aparey 2	-0,33055	-2,5255	-1,3043	273,47	-410,98	266,07
	Aparey 3	-0,41497	-2,9214	-1,1944	4,5075	-1,9854	6,157

**Tablo 4.6. Devam Modifiye osteotomi.**

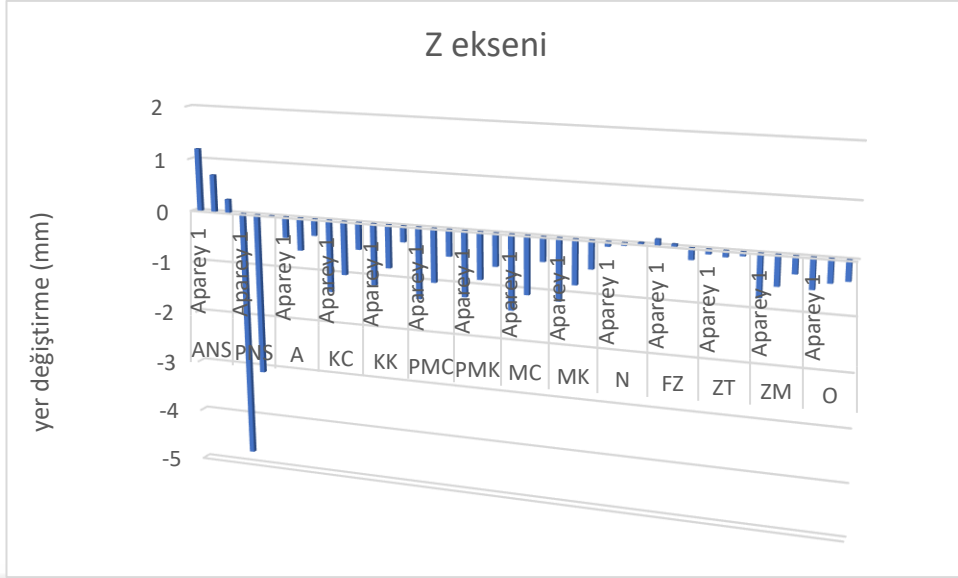
PMK	Aparey 1	-0,061485	-2,3523	-1,425	127,64	-68,857	174,02
	Aparey 2	-0,45964	-1,7705	-0,98428	79,131	-41,17	110,32
	Aparey 3	-0,51386	-1,5071	-0,80478	59,823	-16,206	65,718
MC	Aparey 1	0,23526	-2,5992	-1,6096	2,8897	-2,2366	4,0116
	Aparey 2	-0,064372	-2,7245	-1,2844	5,8917	-34,279	48,48
	Aparey 3	-0,021253	-2,6907	-1,1896	13,241	-6,4767	17,296
MK	Aparey 1	0,21656	-2,3705	-1,4227	-55,117	-161,91	142,84
	Aparey 2	-0,26025	-1,9072	-0,93573	91,599	-305,2	275,29
	Aparey 3	0,023321	-1,6095	-0,75049	200,58	-96,178	241,22
N	Aparey 1	0,089548	0,0456	-0,11345	126,81	9,6153	136,18
	Aparey 2	0,062166	0,02193	-0,0512	78,039	4,7034	74,005
	Aparey 3	0,047958	0,0065482	-0,033754	62,074	2,851	53,578
FZ	Aparey 1	-0,40343	-0,40972	0,090495	3,7686	-355,12	337,1
	Aparey 2	-0,31306	-0,28235	0,002905	-1,3289	-275,86	319,34
	Aparey 3	-0,2464	-0,22782	0,010235	-2,1447	-187,33	212,14
ZT	Aparey 1	-0,098713	-0,12919	-0,13531	2,0132	-85,4	120,11
	Aparey 2	-0,053031	-0,012967	-0,20599	1,0305	-108,66	125,82
	Aparey 3	-0,050142	-0,039646	-0,17557	2,9981	-78,795	81,708
ZM	Aparey 1	-0,63434	-1,1891	-0,83563	32,344	0,3687	31,663
	Aparey 2	-0,51255	-0,74477	-0,67921	32,654	-1,9039	40,061
	Aparey 3	-0,37745	-0,5881	-0,50336	24,02	0,26849	27,542
O	Aparey 1	-0,65223	-0,8851	-0,66023	114,17	-1,2667	114,63
	Aparey 2	-0,53111	-0,55837	-0,51545	122,8	-0,30891	137,05
	Aparey 3	-0,40525	-0,42151	0,40517	88,64	-0,50483	96,687



**şekil 4.17. Modifiye osteotomide x ekseninde yer değiştirme.**



**şekil 4.18. Modifiye osteotomide y ekseninde yer değiştirme.**



Şekil 4.19. Modifiye osteotomide z ekseninde yer değiştirme.

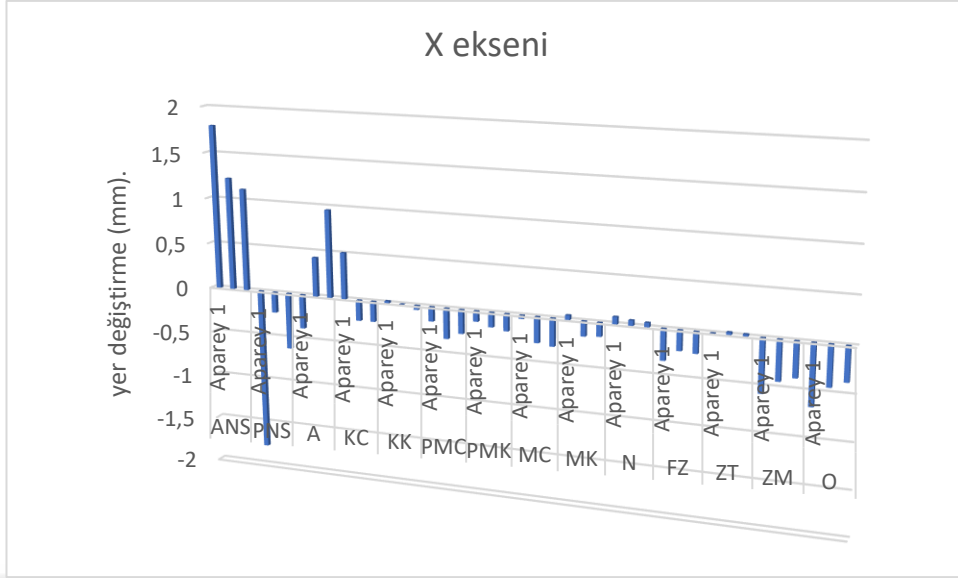
#### 4.7. High le-fort osteotomisi.

Anatomik Noktalar	APAREY	X eksenini	Y eksenini	Z eksenini	MAP	MİP	Von mises
ANS	Aparey 1	1,7935	-0,0084797	4,037	-0,21228	-2,1732	1,8597
	Aparey 2	1,2283	0,17194	3,2129	-0,37389	-1,6483	1,1967
	Aparey 3	1,1174	0,26776	3,1112	-0,35957	-1,6138	0,97093
PNS	Aparey 1	-1,7753	-0,51658	-4,1028	0,66802	-1,2872	1,7149
	Aparey 2	-0,22415	-0,63313	-3,149	-0,16655	-1,1189	1,3382
	Aparey 3	-0,6153	-0,53683	-2,7209	0,27951	-1,1196	0,99178
A noktası	Aparey 1	-0,37165	0,44528	8,7956	-0,73128	-3,1755	1,928
	Aparey 2	0,42912	0,31645	6,5939	-0,91995	-2,0582	1,6033
	Aparey 3	0,95971	0,10074	5,6267	-0,040968	-2,8231	2,1242
KC	Aparey 1	0,50753	-2,648	-1,3706	0,48348	-0,13207	0,50753
	Aparey 2	-0,22461	-2,7209	-0,90322	1,2299	-2,3722	3,1667
	Aparey 3	-0,22113	-2,7288	-0,92615	2,9385	-5,1723	9,0005
KK	Aparey 1	0,021469	-2,0677	-1,2059	164,13	-53,752	192,26
	Aparey 2	0,00095694	-1,4478	-0,66348	64,425	-7,1953	68,802
	Aparey 3	-0,04442	-1,2767	-0,56575	37,637	-14,708	45,672
PMC	Aparey 1	-0,15565	-2,5	-1,4052	47,995	-67,374	114,43
	Aparey 2	-0,33054	-2,5738	-0,98904	75,236	-37,677	42,622
	Aparey 3	-0,25974	-2,8092	-0,96357	1,9247	-37,786	31,613

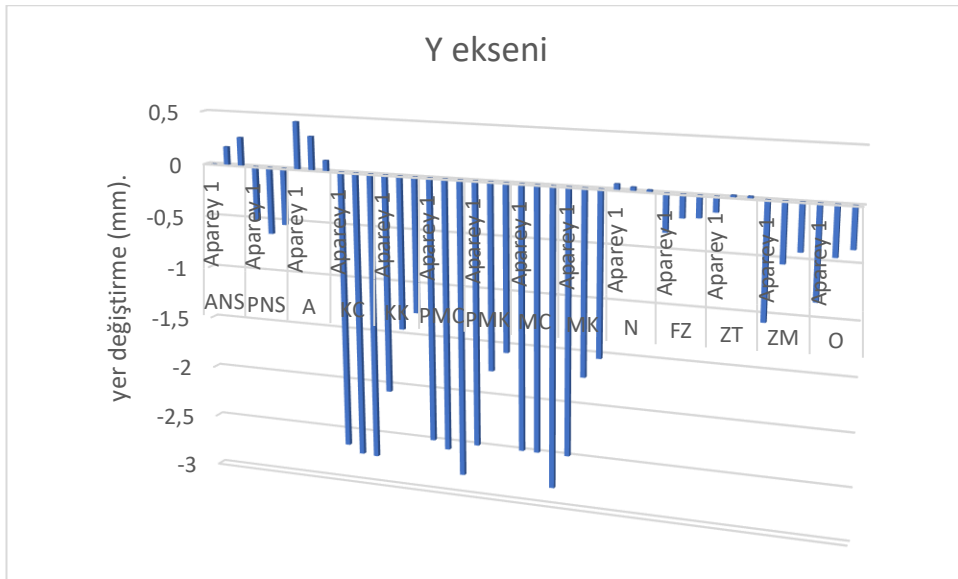
#### 4.7. Devam High le-fort osteotomisi.

PMK	Aparey 1	-0,11113	-2,5	-1,3255	216,26	-224,06	386,59
	Aparey 2	-0,15719	-1,7627	-0,77602	134,32	-58,481	223,52
	Aparey 3	-0,18406	-1,5738	-0,6763	78,026	-21,396	75,76
MC	Aparey 1	-0,035981	-2,5	-1,528	69,827	-62,258	112,05
	Aparey 2	-0,27952	-2,5	-1,0343	365,32	-344,93	635,23
	Aparey 3	-0,30103	-2,8275	0,98073	4,6369	-9,62	12,026
MK	Aparey 1	0,048777	-2,5	-1,2725	100,66	-387,81	423,94
	Aparey 2	-0,16035	-1,7335	-0,77608	114,11	-93,344	178,96
	Aparey 3	-0,14756	-1,5426	-0,66091	55,464	-17,415	64,298
N	Aparey 1	0,077992	0,054407	-0,11635	105,59	3,8867	104,1
	Aparey 2	0,056935	0,035232	-0,067409	61,468	-1,0585	61,896
	Aparey 3	0,04754	0,019312	-0,0534985	52,536	2,428	54,536
FZ	Aparey 1	-0,33437	-0,34783	0,059162	41,587	-298,48	214,39
	Aparey 2	-0,21644	-0,21105	0,025542	2,4484	-141,08	164,53
	Aparey 3	-0,22839	-0,20011	0,022005	0,44123	-140,87	134,86
ZT	Aparey 1	-0,019229	-0,13979	-0,13891	0,60434	-120,4	120,81
	Aparey 2	0,026966	0,020152	-0,16162	0,71404	-101,29	100,16
	Aparey 3	0,022053	0,020459	-0,14981	0,44458	-86,08	88,248
ZM	Aparey 1	-0,57485	-1,0735	-0,81562	22,933	-22,183	39,398
	Aparey 2	-0,43235	-0,54753	-0,51876	44,949	0,087229	43,347
	Aparey 3	-0,37955	-0,43387	-0,42374	41,441	-0,046943	40,553
O	Aparey 1	-0,65761	-0,85654	-0,61807	134,69	0,47929	142,28
	Aparey 2	-0,44034	-0,45718	-0,43642	133,8	0,87657	137,85
	Aparey 3	-0,37118	-0,379	-0,36751	112,11	0,91245	112,29

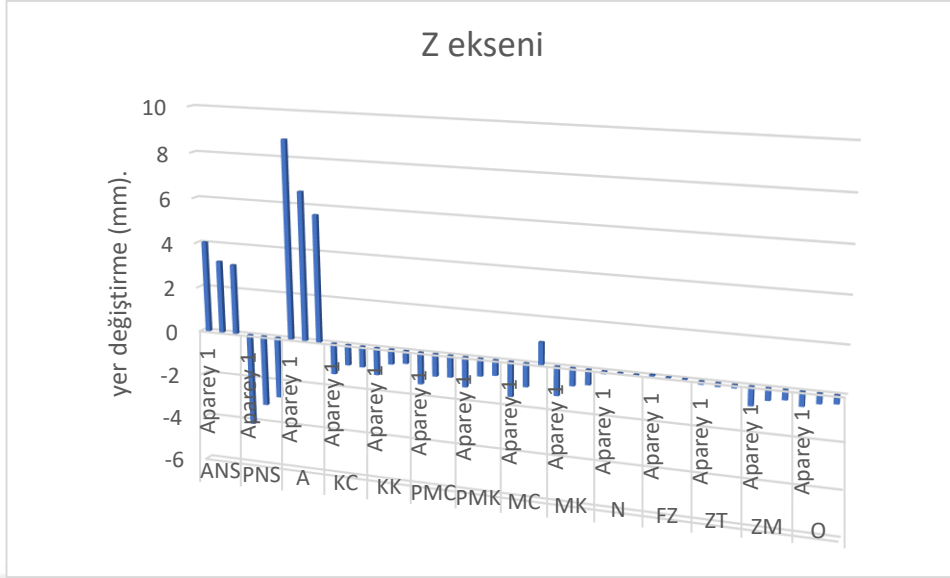




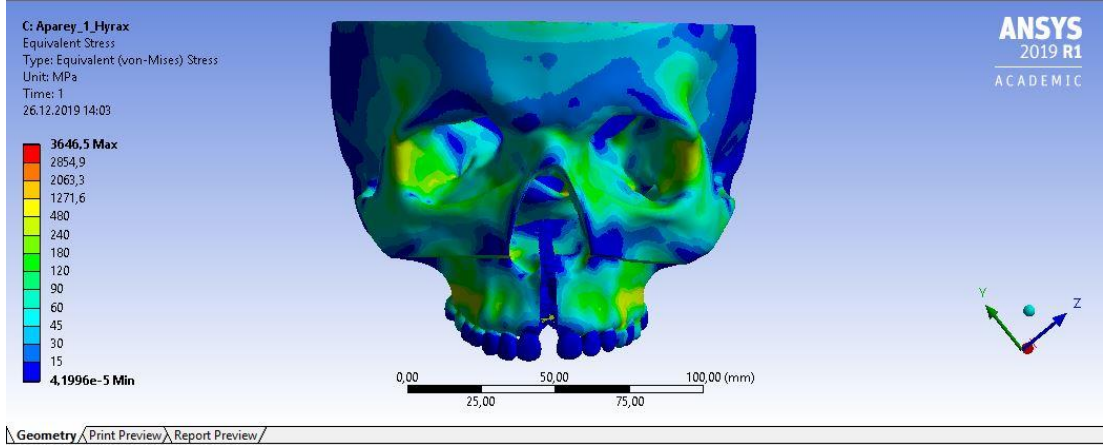
**şekil 4.20. High le-fort osteotomisinde x ekseninde yer değiştirme.**



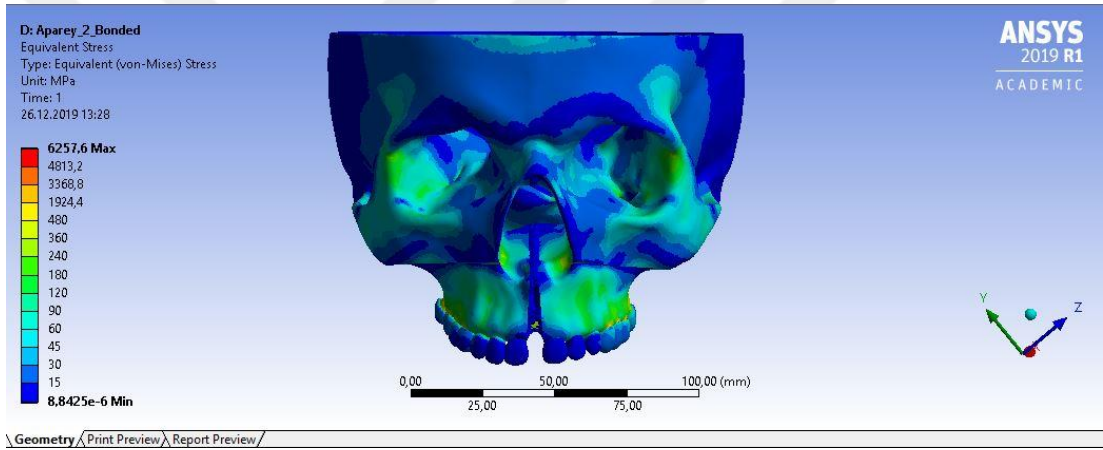
**şekil 4.21. High le-fort osteotomisinde y ekseninde yer değiştirme.**



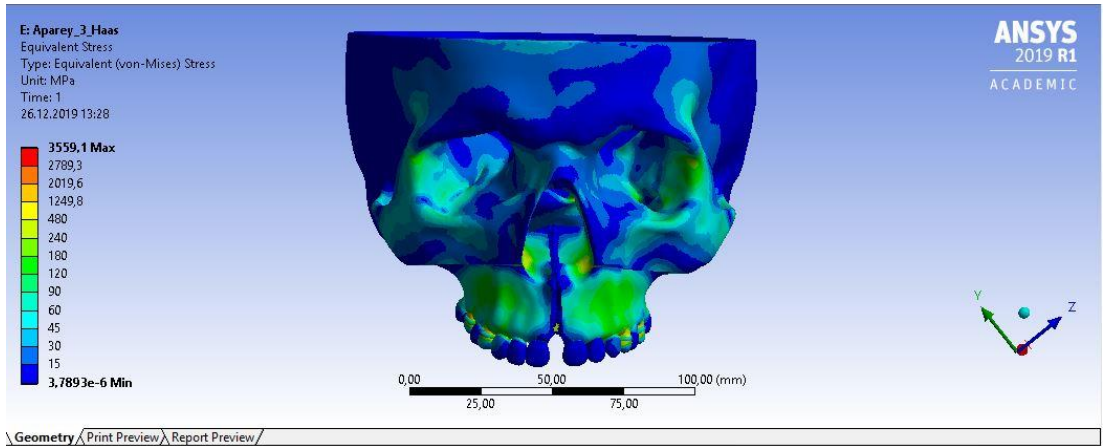
Şekil 4.22. High le-fort osteotomisinde z ekseninde yer değiştirme.



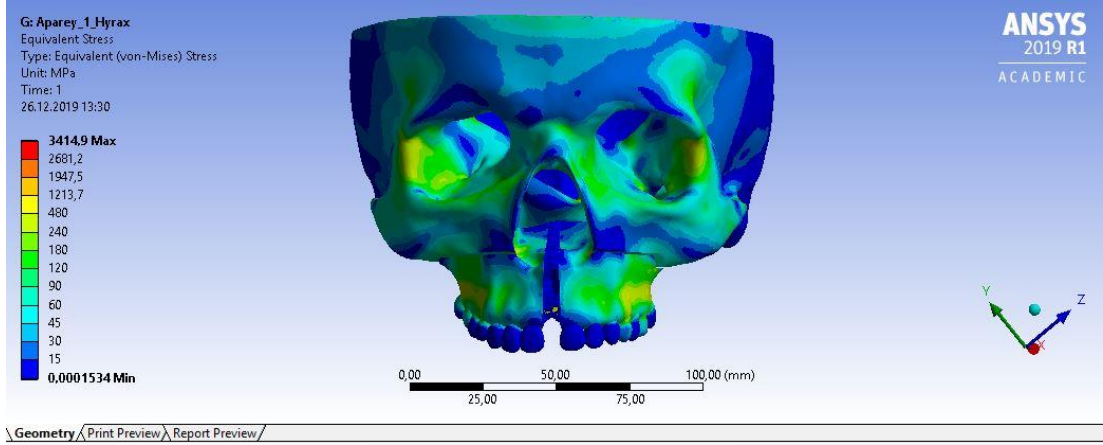
Şekil 4.23. Kesi 1 aparey 1 (Konvansiyonel osteotomi ve hyrax) grubuna ait von mises stres dağılımı.



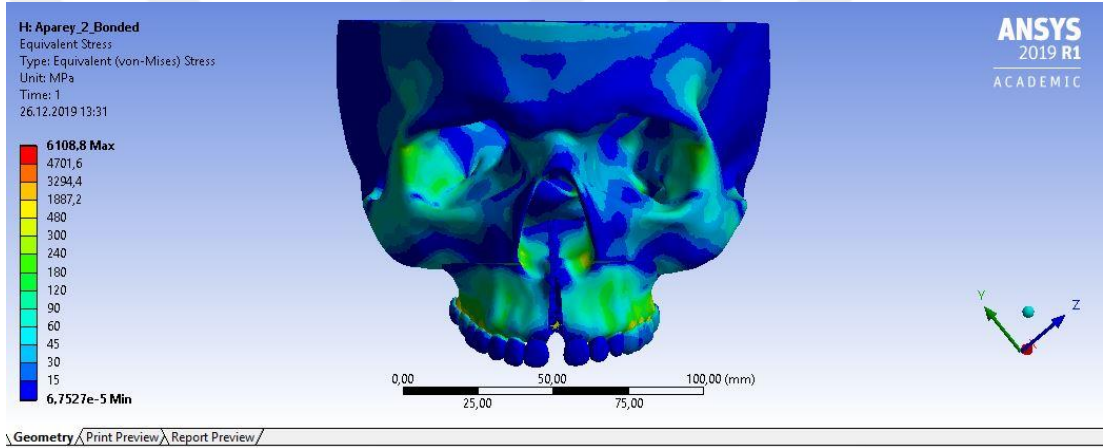
Şekil 4.24. Kesi 1 aparey 2 (Konvansiyonel osteotomi ve bonded) grubuna ait von mises stres dağılımı.



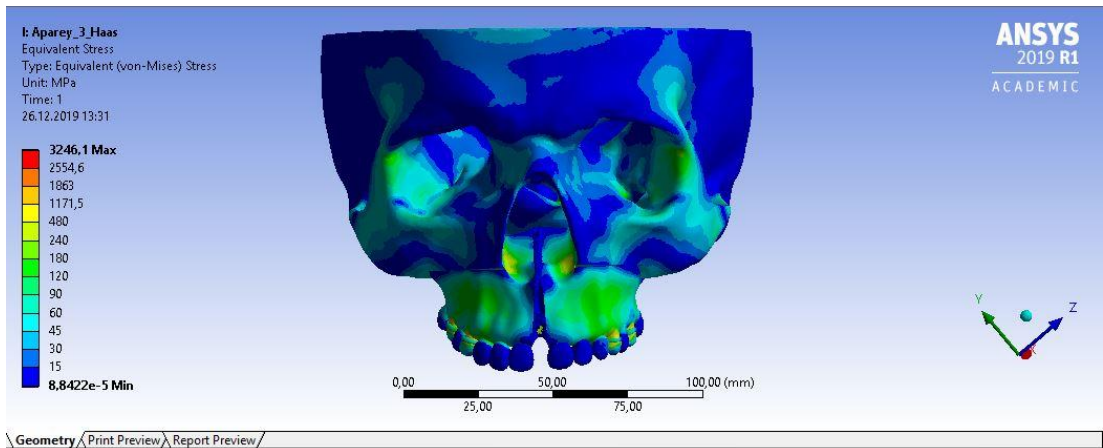
Şekil 4.25. Kesi 1 aparey 3 (Konvansiyonel osteotomi ve hyrax) grubuna ait von mises stres dağılımı.



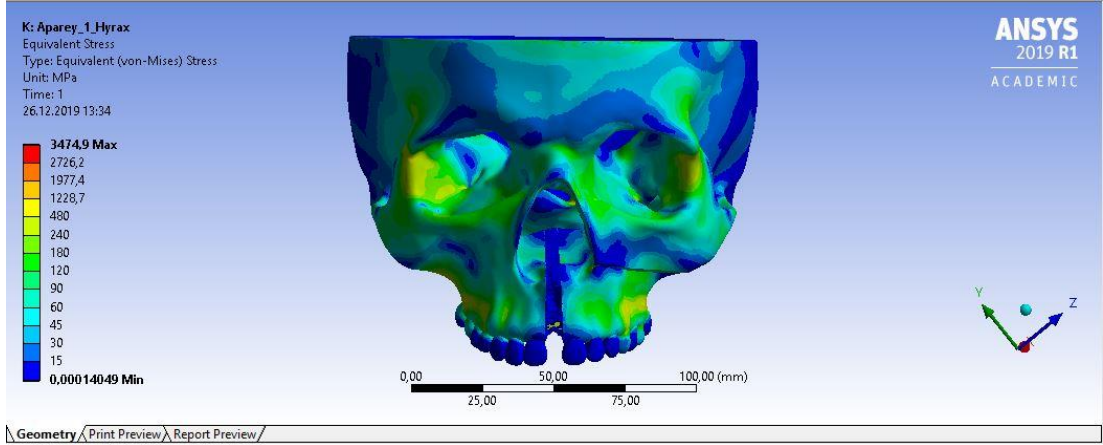
**Şekil 4.26. Kesi 2 aparey 1 (Basamaklı osteotomi ve hyrax) grubuna ait von mises stres dağılımı.**



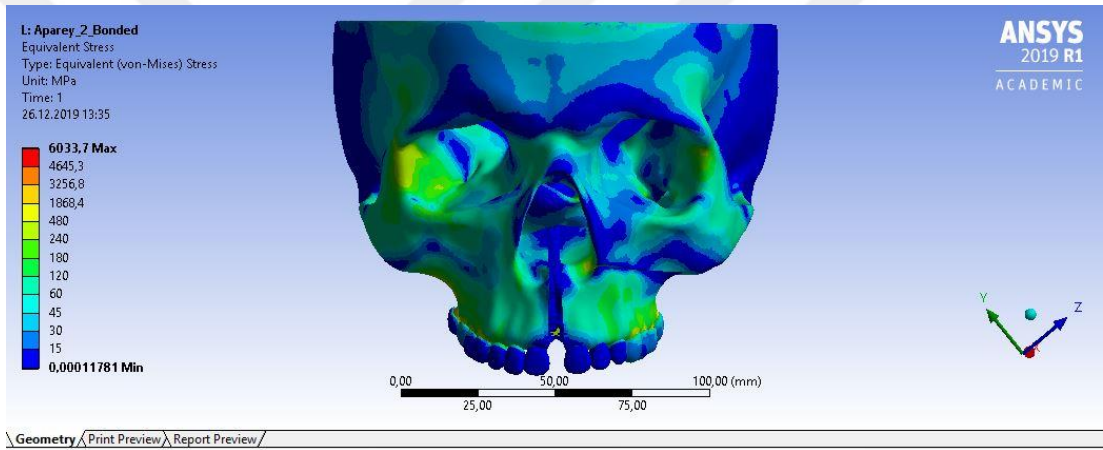
**Şekil 4.27. Kesi 2 aparey 1 (Basamaklı osteotomi ve bonded) grubuna ait von mises stres dağılımı.**



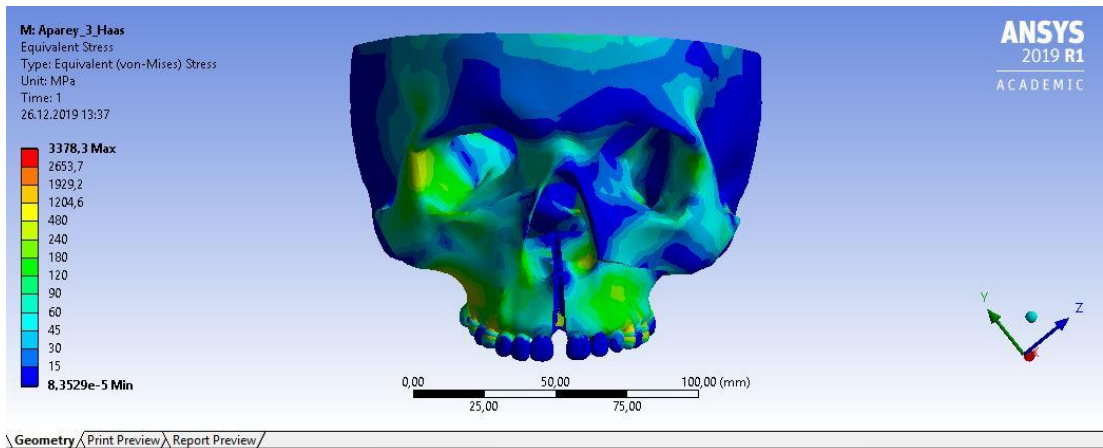
**Şekil 4.28. Kesi 2 aparey 3 (Basamaklı osteotomi ve haas) grubuna ait von mises stres dağılımı.**



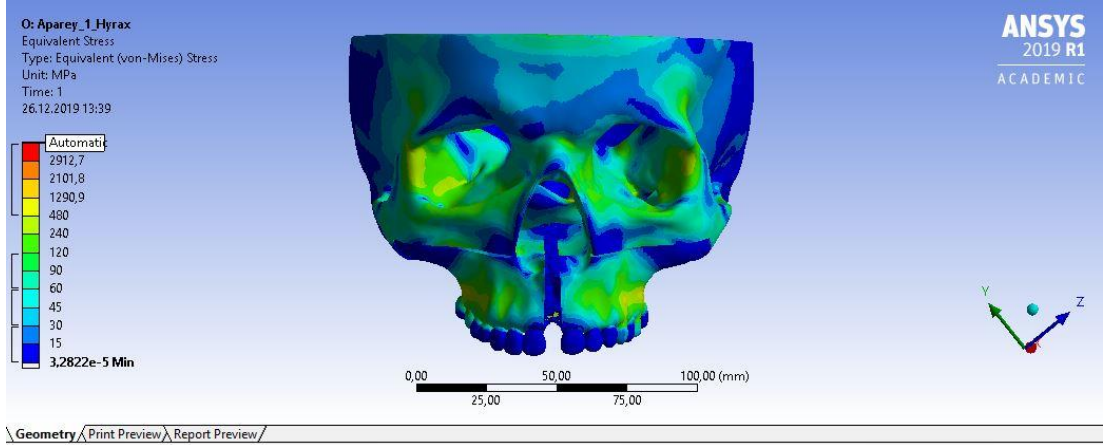
Şekil 4.29. Kesi 3 aparey 1 (Unilateral osteotomi ve hyrax) grubuna ait von mises stres dağılımı.



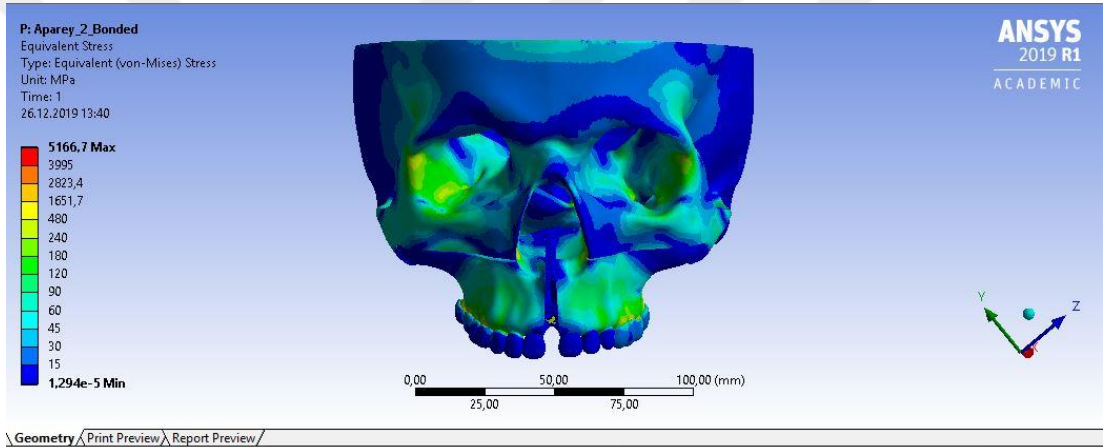
Şekil 4.30. Kesi 3 aparey 2 (Unilateral osteotomi ve bonded) grubuna ait von mises stres dağılımı.



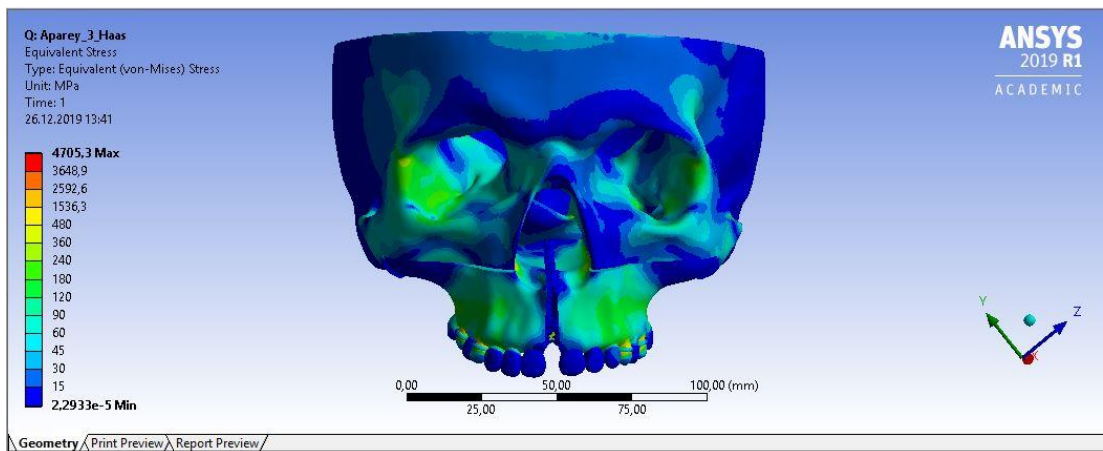
Şekil 4.31. Kesi 3 aparey 3 (Unilateral osteotomi ve haas) grubuna ait von mises stres dağılımı.



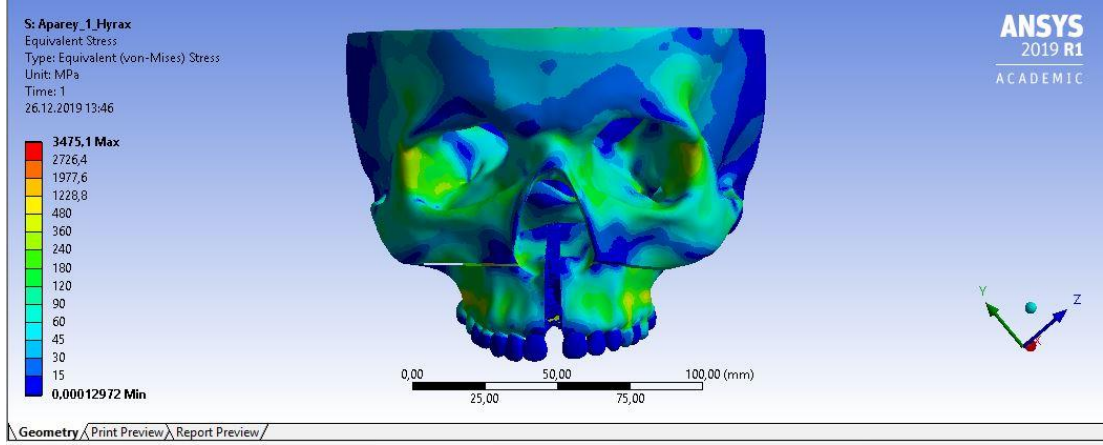
Şekil 4.32. Kesi 4 aparey 1 (high le-fort osteotomisi ve hyrax) grubuna ait von mises stres dağılımı.



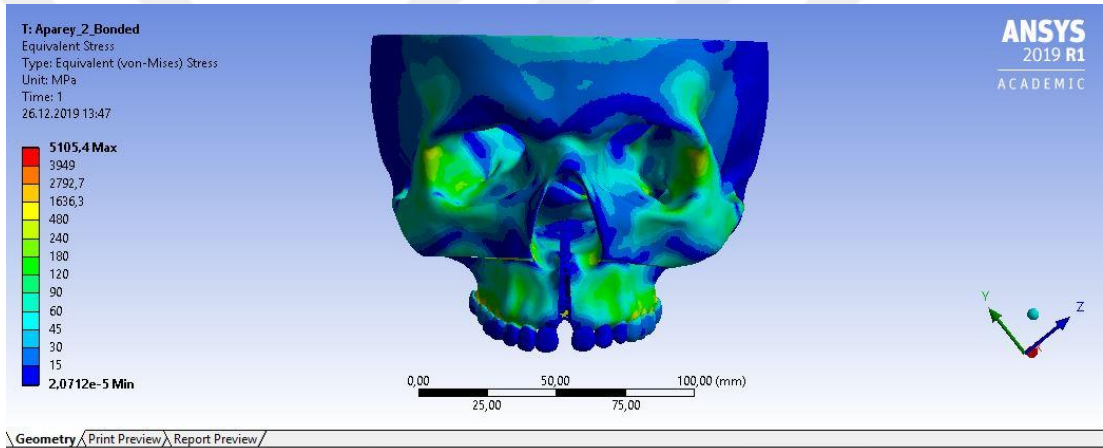
Şekil 4.33. Kesi 4 aparey 2 (High le-fort osteotomisi ve bonded) grubuna ait von mises stres dağılımı.



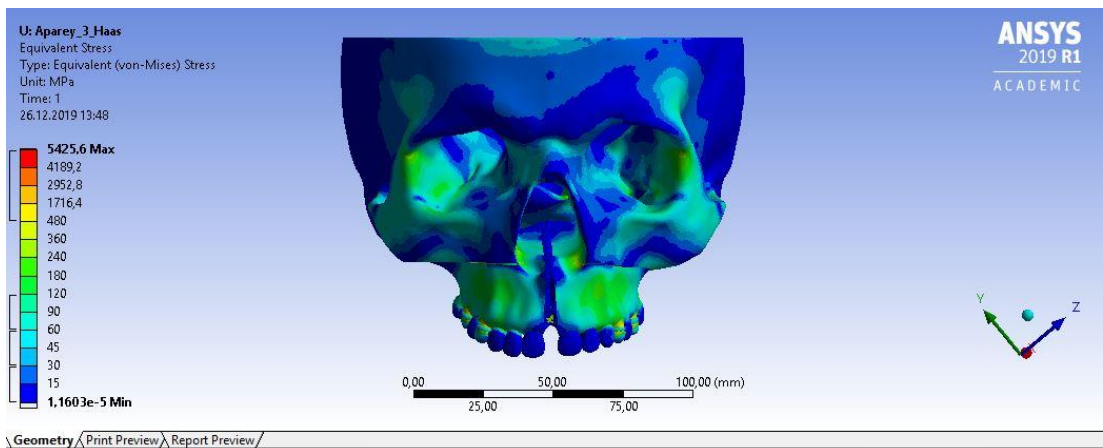
Şekil 4.34. Kesi 4 aparey 3 (High le-fort osteotomisi ve haas) grubuna ait von mises stres dağılımı



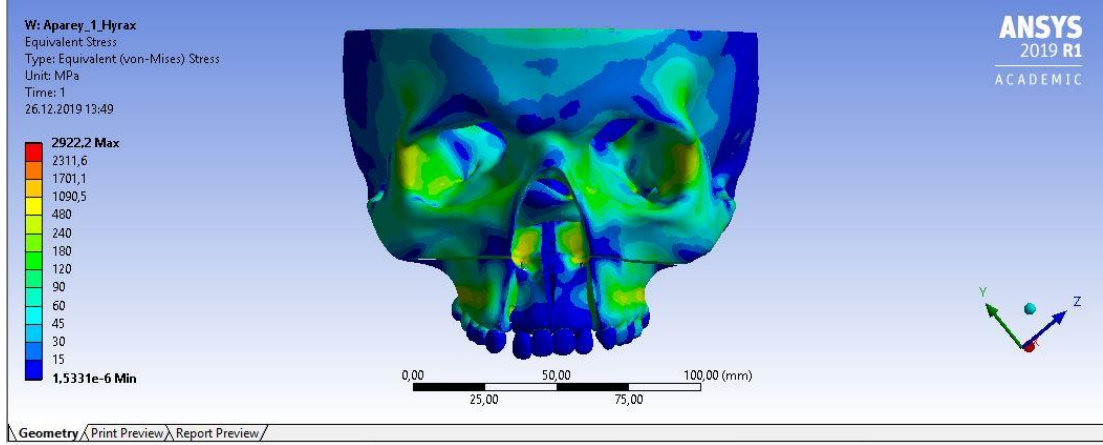
Şekil 4.35. Kesi 5 aparey 1 (modifiye osteotomi ve hyrax) grubuna ait von mises stres dağılımı.



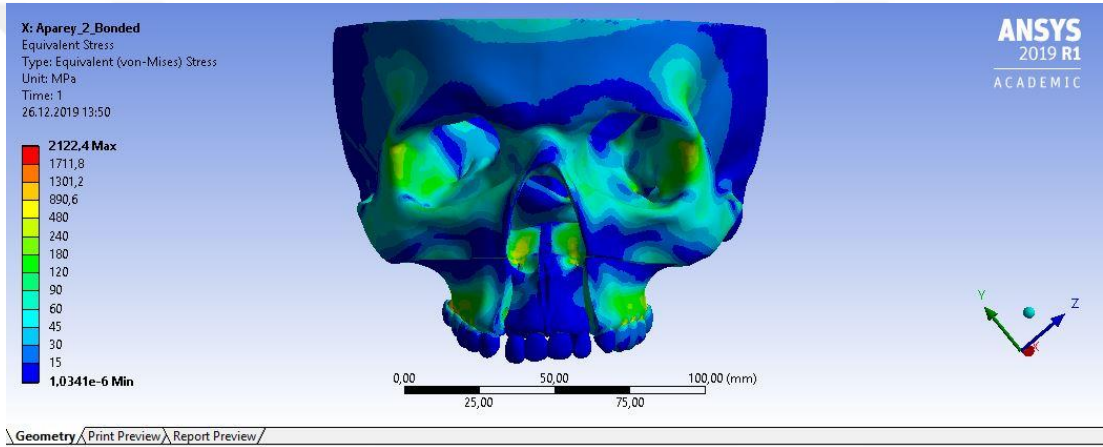
Şekil 4.36. Kesi 5 aparey 2 (modifiye osteotomi ve bonded) grubuna ait von mises stres dağılımı.



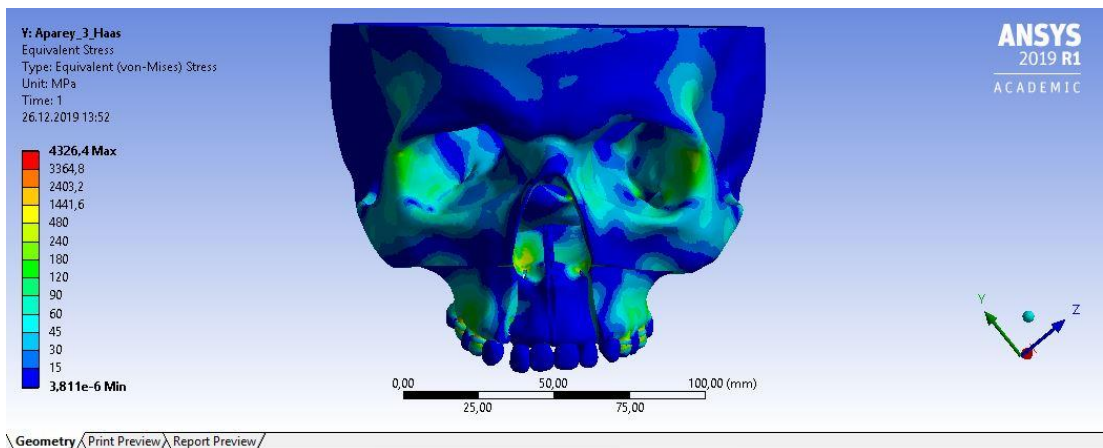
Şekil 4.37. Kesi 5 aparey 3 (modifiye osteotomi ve haas) grubuna ait von mises stres dağılımı.



Şekil 4.38. Kesi 6 aparey 1 (3 segmentli osteotomi ve hyrax) grubuna ait von mises stres dağılımı.

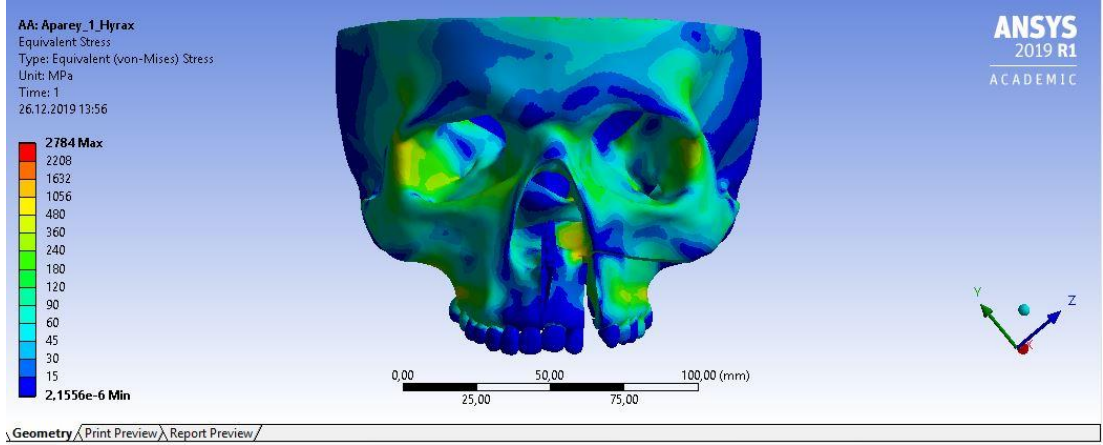


Şekil 4.39. Kesi 6 aparey 2 (3 segmentli osteotomi ve bonded) grubuna ait von mises stres dağılımı.

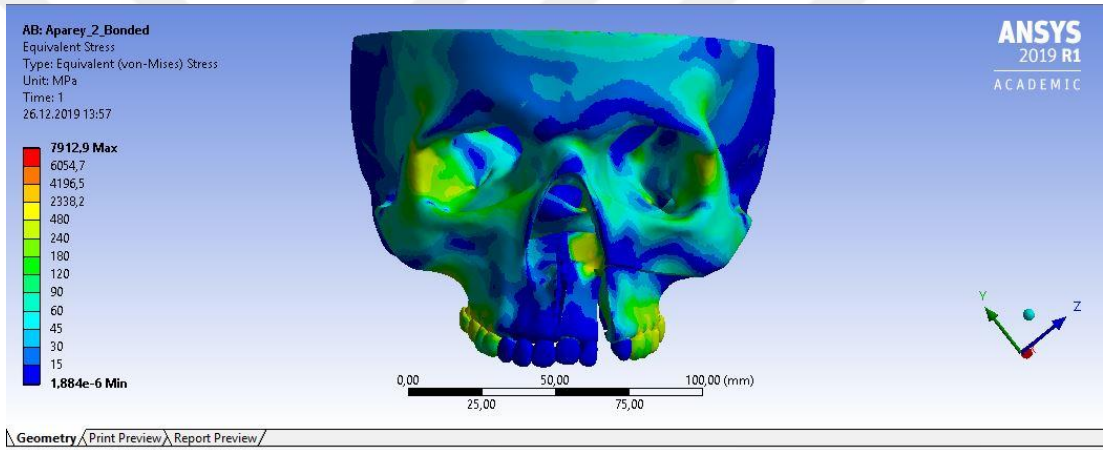


Şekil 4.40. Kesi 6 aparey 3 (3 segmentli osteotomi ve haas) grubuna ait von mises stres dağılımı.

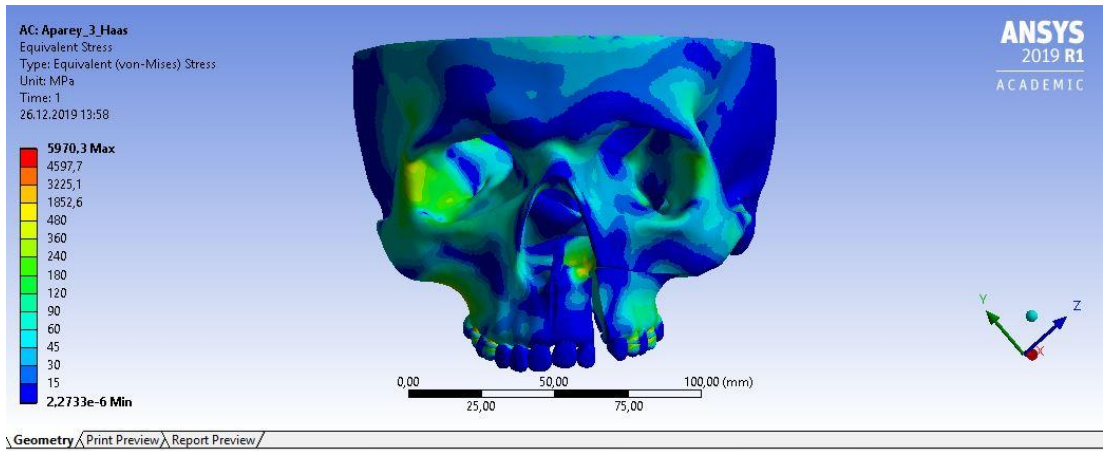




Şekil 4.41. Kesi 7 aparey 1 (2 segmentli osteotomi ve hyrax) grubuna ait von mises stres dağılımı.



Şekil 4.42. Kesi 7 aparey 2 (2 segmentli osteotomi ve bonded) grubuna ait von mises stres dağılımı.



Şekil 4.43. Kesi 7 aparey 3 (2 segmentli ve haas) grubuna ait von mises stres dağılımı.

## 5. TARTIŞMA

CDHÜG iskeletsel ve sutural gelişimini tamamlamış bireylerde sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir. Cerrahideki asıl amaç çapraz kapanışa sahip bireylerde iskeletsel etkinin yardımıyla ortodontik bozukluğu düzeltmektir. Günümüzde birçok cerrahi teknik tanımlanmıştır. Bütün cerrahi tekniklerdeki amaç daha az komplikasyon oluşturarak mid-palatal suturda açılma sağlamaktır. Bu ortodontik etkilerin yanında hava yolunun genişletilmesi ve bukkal koridorların düzeltilmesi gibi olumlu etkileri vardır. Çalışmamızda amaç literatürde tanımlanmış cerrahi tekniklerin girişimsel bir yöntem olmayan SEA kullanılarak değerlendirilmesidir. Kranial suturlar, çiğneme gibi doğal aktiviteler ve ortopedik yükler tarafından oluşturulan biyomekanik etkileri absorbe eder ve iletir (94). Kranial suturların biyomekanik özellikleri, kafatasının yaşı ile bağlantılıdır (95). Önceki çalışmalarda, suturun biyomekanik değerleri, çevredeki kemiğin değeri ya da yumuşak dokuların değeri ile aynı değer olarak tanımlanmıştır (83,84,96,97).

Gautam, Jafari, Iseri ve ark. tarafından yapılan SEA çalışmaları, geometrik model için 2,5 mm, 5 mm ve 10 mm kesit aralıklı BT tarama görüntülerini kullanmışlardır. Bu çalışmada, kafatasının modellenmesi, 0.3 mm'lik aralıklarla alınan KIBT görüntüleri kullanılarak yapılmıştır, bu, önceki SEA çalışmalarına kıyasla, üretilen geometrik modelin daha ayrıntılı olduğunu gösterir (83,84,98).

Suturlarda meydana gelen mekanik gerilmeler, suturun büyümesini değiştirebilir. Zigomatikotemporal sutur boyunca kontrastlı kemik-gerilme desenleri sergilemiştir. Zigomatik arkın gerilmesi daha karmaşıktır ve kesme ve bükme ile birkaç düzlemde bükülmeyi içermesi muhtemeldir. Zigomatikotemporal suturdaki zigomatik arkın üst kısımları boyunca, medial kenarlar basınç stresleriyle, lateral kenarlar ise gerilme stresleriyle ilişkilendirilmiştir.

Glassman ve ark. dişlerin apikallerinin 5 mm yukarısında apertura piriformisten pterigomaksiller birleşime kadar bir osteotomi yapılmasını önermişlerdir (43). Sfenoid kemiğin pterigoid plakları, palatin kemiklerinin piramidal prosesleri boyunca palatin kemiklerinin horizontal kısmına bağlanır. Pterigoid plakalar HÜG etkisiyle sınırlı bir şekilde esneyebilirler ve pterigoid plakaların bu sınırlayıcı etkisi, palatin kemiklerinin mid-palatal sutur etrafında ayrılma kabiliyetini sınırlar. Pterigomaksiller birleşimin osteotomisinden sonra anatomik yapılarıdaki gerilmelerin

azalması nedeniyle, bu prosedür CDHÜG stabilitesinde artışa yol açabilir. pterigomaksiller kavşağın, cerrahi yardımlı bir CDHÜG başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesindeki önemini vurgular. Wertz (27), üst çenenin pterigoid birleşimden ayrılmasının, A Noktasının ve tüm üst çenenin ileri doğru hareketine olası bir cevap sağlayabileceğine inanıyordu. Melsen ve Melsen (93), pterigomaksiller bağlantının kendiliğinden açılmasının, geniş yüzeyde kemik kontakları sebebiyle HÜG genişlemesi sırasında gerçekleşmediğini belirtmişlerdir. Çalışmamızdaki bütün osteotomi modellerinde A noktası etrafında anterior yönde değişen derecelerde değişen hareket mevcuttur.

Baldawa ve Bhad yaptıkları SEA çalışmasında horizontal düzlemde en yüksek genişleme santral kesici dişler ve kanin dişler bölgesinde olduğunu bulmuştur (99). Çalışmamızda bütün modellerde pterigomaksiller birleşimin osteotomisi yapılması sebebiyle modellerdeki dişlerin cusp bölgelerinde işaretlenen anatomik noktalarda (KC, PC ve MC) horizontal yönde birbirine yakın değerlerde yer değiştirmeler görülmüştür. Veriler doğrultusunda pterigomaksiller birleşiminin osteotomisini ön ve arka dişler bölgesinde simetrik bir genişletme sağladığı düşünülmüştür.

Kraniyal suturların ossifikasyonu artmasıyla ve kemik elastikiyetinin azalmasıyla HÜG yapılırken erişkinlik döneminde cerrahi yardımlı önlemlerin gerekliliği konusunda genel bir fikir birliği vardır (43,100) Bununla birlikte, gereken cerrahi yöntem konusunda yeterli fikir birliği yoktur. Yetişkinlerde sert damağa medyan veya paramedyan osteotomi yapılması çoğu yazar tarafından CDHÜG esnasında tavsiye edilmektedir (100-102). Lateral osteotomi uygulanırken, osteotomi şekli ile ilgili önemli farklılıklar vardır. Bazı araştırmacılar sadece zigomatik alveolar kretin osteotomisini tavsiye ederken (102,103), diğer araştırmacılar ise piriform açıklıktan pterigopalatin birleşime kadar tam bir lateral osteotomiyi tercih etmişlerdir (43,104,105). Sunulan araştırmanın sonuçları, yetişkin hastalarda HÜG cerrahi destek olmadan gerçekleştirilmesinin, kraniyal tabanın ve orta yüzün kemik yapılarında gelişmekte olan önemli gerilimlere yol açabileceğini ve böylece mid-palatal suturların kendiliğinden açılmasının bile bu yapılarda mikrofraktürleri ortaya koyabileceğini göstermektedir (106). Vasküler ve nöral yapıların zarar görme riski göz ardı edilememelidir (107). Pterigomaksiller kavşağın osteotomisini birçok çalışma

tarafından önerildiği için bu osteotomi çalışmamızdaki bütün modellerde ortak olarak kullanılmıştır.

Maksilla HÜG ve CDHÜG sonrasında anterior ve aşağı yöne doğru hareket ettiğini göstermiştir. Bu, hareket a noktası ve anterior nazal spinanın (ANS) öne ve aşağı yer değiştirmesi ile gösterilmiştir (98). Gardner ve Kronman ANS'nin hareketini sfenookspital sinkondrozis hareketi sonucu gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Mid-palatal sutur açıldığında, üst çene her zaman aşağı ve ileri hareket eder. Palatal genişleme esnasında bu suturların yapısı bozularak maksillanın yer değiştirmesin büyümeye sürecine benzer öne ve ileri doğru bir hareket meydana gelir (108,109). Haas (110) HÜG'nin maksillaya öne ve aşağıya yönde ortopedik bir etkisinin olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda modellenen bütün osteotomi tiplerinde maksilla aşağı yönde hareket etmiştir (ANS Noktası). Aynı osteotomi modellerindeki yer değiştirmeler kıyaslandığında en düşük yer değiştirmeler haas apareyi gruplarında gerçekleştiği görülmüştür. Bu verilerden yola çıkarak haas apareyin diğer gruplara kıyasla daha az miktarda rotasyona sebep oldukları düşünülmektedir. Osteotomi grupları arasında vertikal yönde en yüksek yüksek yer değiştirmeler basamaklı ve unilateral osteotomi gruplarında gerçekleştiği görülmüştür. Tablolardaki verilerde vertikal yönde en az yer değiştirmelerin 3 segmentli osteotomi gruplarında olduğu görülmüştür. 3 segmentli osteotominin vertikal yüz yüksekliğinin daha az miktarda artmasını istediğimiz bireylerde tercih edilebileceği düşünülmektedir. Çalışmamızda anterior yönde en yüksek yer değiştirmeler high lefort ve modifiye osteotomi gruplarında görülmüştür. Maksillanın anterior yönde daha fazla hareketi istendiğinde özellikle bu osteotomi grupları tercih edilebilir. Aynı osteotomi gruplarında sagittal planda en az hareket haas apareyinin olduğu osteotomi gruplarında görülmüştür. Çalışmamızdaki verilere göre haas genişletme apareyinin maksillada sagittal yönde daha az hareket sağladığı bu yüzden daha az konveks bir profile neden olduğu düşünülmektedir.

HÜG sonrasında lateral nazal duvar lateral yönde hareket ederek, nazal genişliği artırır, buna bağlı olarak, nazal hava yolu direncini azalır (6,83). Burun boşluğu genişliğindeki artış, nazal tabanda, üst kısımdan daha belirgindir. Gray (111), burun boşluğunun inferior türbinler düzeyinde 8 ila 10 mm kadar genişleyebileceğini bildirdi. Pavlin ve Vukiceviç (112) göre nazal kemik HÜG'den sonra medial yönde

hareket ettiğini göstermişlerdir. İleri ve ark. (83) ayrıca burun boşluğunun posterosuperior kısmının medial yer değiştirdiğini de bildirmişlerdir. Çalışmamızda ANS noktası etrafındaki veriler kıyaslandığında 3 segmentli osteotomi osteotomi grubu hariç bütün gruplarda genişlemeye yönelik bulgular bulunmuştur, buna bağlı olarak bu osteotomi dizaynlarının kullanıldığı bireylerde nazal taban genişliğinin artarak nazal hava yolu direncinin azalacağı düşünülmektedir.

Maksilla ve nazal kemiklerin medial yer değiştirmesi, nazal bölgede sıkışmaya neden olabilir. Bu, HÜG esnasında nazal bölgede sık görülen ağrı ve basıncı açıklar. Suturlar birleşik olarak oluşturulan bir model yetişkin maksillasına benzer biyomekanik özellikler gösterir. Maksilla çevresindeki suturların birbirine kenetlenmesi ile minimal esneme görülür ve bitişik nazomaksiller komplekste daha az stres yaratır (113). Yaptığımız çalışmada buna benzer şekilde modeller oluşturulmuştur.

Bays ve ark. lateral osteotomiye ek olarak santral kesici dişlerin apikalleri hizasında bir osteotomi yapılmasını önermişlerdir (32). Çalışmamızda mid palatal suturun olduğu bölgede bu sutur bölgesine tanımlanan düşük elastik modülü değerinden dolayı bu bölgenin osteotomisine gerek duyulmamıştır.

Bu çalışmada kullanılan SEA, tıpta çeşitli biyomekanik konuları araştırmak için kanıtlanmış bir prosedürdür. Ortodontide, maksiller protraksiyon Tanne ve ark. (82) tarafından, HÜG modellemesi ise Iseri ve ark. (83) ve Jafari ve ark. (84) tarafından SEA yöntemi kullanılarak başarıyla uygulandı. HÜG esnasında maksimum gerilmeler maksiller kemikte, zigomatik kemikte, nazal kemikte ve sfenoid kemiğin pterigoid plaklarında gözlenir. Kudlick (114), pterigoid plaklarının, mid-palatal sutur etrafında palatin kemiklerin ayrılma yeteneğini sınırladığını ileri sürmüştür. Karşılaştırmalı ölçümler, pterigomaksiller birleşimin ilave bir ayrılmasının belirgin bir etkisini açıkça göstermektedir (36,115). Bu osteotomi, özellikle kraniyal tabanın ve orta yüzün çoğu anatomik yapısında meydana gelen gerilmelerin önemli ölçüde azalmasını sağladı. Matteini ve Mommaerts (116) erişkinlerde pterigomaksiller kavşağı ayırma önerileri, bu çalışmanın sonuçları ile doğrulandı. Kraniyal tabanda elde edilen gerilmelerin azalmasından dolayı, bu bölgelerdeki kırılmalar veya küçük çatlaklar önlenebilir. Bu gibi kırıkların son derece nadirde olsa CDHÜG sonrasında meydana gelebilme ihtimali göz önünde bulundurulmalıdır. Kraniyal taban kırığı Lanigan ve Mintz (117)

tarafından sunulan bir vaka raporunda gösterilmiştir. Chaconas ve Caputo ve Shetty ve arkadaşları, istenmeyen gerilmelerin meydana gelmesinde belirleyici bir rol oynayan maksilla ile kraniyal taban arasındaki bağlantıya atıfta bulundular. Çalışmamızda bu sebeplerden dolayı bütün sonlu eleman modellerinde pterigomaksiller bileşkenin osteotomisi ortak olarak yapılmıştır. Bu sebeple kraniyal taban üzerindeki anatomik yapılarda meydana gelen stres çalışmamıza dahil edilmemiştir.

Geleneksel hyrax gruplarında kuvvetler sadece uygulama noktası etrafındaki yapıları değil aynı zamanda orta ve kraniyal tabandaki uzaktaki yapıları da etkiler. Klasik HÜG sırasında kuvvetler, maksiller buttressler olarak adlandırılan, stres dağılımını sağlayan yapıların direncini aşmak zorundadırlar. Mid-palatal sutur genişlemesine karşı direnç özellikle maksillanın sfenoid ve zigomatik kemiklerle birleştiği bölgeler etrafında yoğunlaştığı daha önceki çalışmalarda belirtilmiştir (2) Maksiller dişler üzerine uygulanan kuvvetler orta yüz-kraniyal birleşiminin üç ana buttressine aktarılır: bunlar nazomaksiller, zigomatikomaksiller ve pterigomaksiller buttresslerdir (101). Çalışmamızda zigomatikomaksiller ve pterigomaksiller buttressler bölgesindeki osteotomiler bütün modellerde (2 segmentli ve Unilateral segmentli osteotomide zigomatikomaksiller buttress'e tek taraflı) modellenmiştir.

Önceki çalışmalar hem sagittal hem de frontal görünümde maksilla direncinin merkezini tanımlamıştır. Frontalden bakıldığında, birincisi crista galli'den ikincisi, zigomatikomaksiller suturların en alt noktasından geçer. Direnç merkezi, bu iki eksenin dikey kesişme noktasında bulunur. Lateral yönden, direnç merkezi, maksiller 1. moların distal temasından fonksiyonel düzleme temas eden ve ardından fonksiyonel düzlemden orbitanın alt kenarına kadar olan mesafeyi birleştiren çizginin yaklaşık olarak orta noktası üzerinde yer alır (118). Biyomekanik olarak, biri frontonazal suturda diğeri ise mid-palatal suturun distalinde olan iki rotasyon merkezi vardır (119).

Orta yüz karmaşık bir anatomiye sahiptir ve maksilla yüz kemiklerini ve ön ve orta kraniyal taban içeren 10 farklı kemikle bağlantısı vardır. Bu, genişlemenin hem anteroposterior hem de dikey yönde piramidal şeklinden sorumludur (120). Maksiller rotasyonun dayanağı frontomaksiller suturdur ve buna bağlı olarak, tepe noktası üst

kesici dişler seviyesindeki tabanı ve burun boşluğu seviyesindeki olan piramidal bir maksiller genişleme vardır (84,96,121).

Daha önceki bir çalışmada HÜG yapılan hastalar, burun kemerinde ve göz altındaki ağır basınç semptomlarını bildirmişlerdir. Bu klinik semptomlar frontonazal, frontomaksiller ve nazomaksiller suturlardaki maksiller rotasyon dayanağına bağlı olduğu düşünölmektedir. Bizim çalışmamızda N ve O noktası etrafında yüksek gerilme değerleri görölmüşür. Bu noktalarındaki gerilme değerlerinin haas apareyinin kullanıldığı modellerde daha düşük olduğu bulunmuştur. Bu veriler ışığında haas apareyinin bu bölgelerde daha az gerilmeye sebep olması sebebiyle buna bağlı ağrı ve rezorbsiyon gibi semptomların azalacağı düşünölmüşür.

SEA çalışmalarında dişlerin modellenmesi PDL ve alveol kret üzerindeki ortodontik etkiler ve kemik remodelasyonu hakkında ek bilgi sağlar (96). Kranial suturların, ossifikasyon durumları HÜG esnasında genişletmeyi etkileyen önemli bir faktördür. Kranial suturların ossifikasyonu tamamlanan bireylerde daha az genişleme olduğu SEA çalışmalarında gösterilmiştir. Daha önceki çalışmalar, sirkummaksiller suturların farklı derecelerde ossifikasyonunun, HÜG esnasında çeşitli kranial yapılarda değişen derecelerde yer değiştirmelerine yol açtığını göstermiştir (2,93). Yetişkin bireylerde genişletmeyi modelleyen çalışmalarda genellikle mid-palatal ve mid-sagittal sutur haricindeki kranial suturların ossifikasyonunu tamamladığı varsayımıyla SEA analizi çalışmaları gerçekleştirilmiştir, bu varsayım bağlı olarak gerçekleştirilen çalışmalar klinik durumu daha güvenilir bir şekilde simüle ettiği kanıtlanmıştır maksiller genişlemenin gerçekteşmesi için klinik durumu daha güvenilir bir şekilde simüle ettiği kanıtlanmıştır.(96,122).

Genişletme apareyi tarafından maksiller genişleme sırasında üretilen gerilimler yüz ve kafatasının kemikleri arasında dağılır. Genişletici tarafından üretilen gerilmeler, bir diş bağlı genişletme apareyi kullanıldığında destek dişlerden maksiller kemiğe veya kemik bağlı apareyler söz konusu olduğunda doğrudan palatal kemiklere iletilir (80). Starnbach ve ark. (123) destek dişlerinin genişleme yönünde hareket ettiğini bildirmiştir. Yetişkinlerde HÜG, mid-palatal suturda açılma olmadan dişleri kemik içinde lateral yönde itebilir. Diş ve kemik hareketlerinin yanı sıra dişlerde eğilme tedavinin ortak sonuçlarıydı. Capelozza Filho ve ark. (124) genişletme apareyi aktiflendiğinde maksiller santral kesici dişler arasında oluşturulan diastemanın

apareydeki açılmadan daha düşük olduğunu vurgulamıştır. Çalışmamızda destek dişlerin cuspları üzerinde işaretlenen anatomik noktaların hepsinde bukkal yönde genişleme olduğunu düşündüren bulgular mevcuttur.

Sonlu elemanlar analizi, karmaşık geometrik nesnelerin şeklinin ve fiziksel özelliklerinin bilgisayar ortamında yapıldığı matematiksel bir yöntemdir. Modelin üzerinde stres, şekil değiştirme ve deformasyon SEA yardımıyla hesaplanabilir (99). SEA yöntemi ilk kez Thresher ve Saito (125) tarafından ortodontide insan dişlerindeki gerilmeleri incelemek için kullanılmıştır. O zamandan beri, bu yöntemin diş hareketinin simülasyonu ve ortodontik mekaniğin optimizasyonu gibi birçok diş alanında etkili olduğu kanıtlanmıştır. Metot invaziv değildir; herhangi bir noktada yaşanan stres miktarı teorik olarak ölçülebilir; diş, alveolar kemik, periodontal ligament ve kraniyofasiyal kemikler taklit edilebilir; diş ve kraniyofasiyal kompleksin yer değiştirmesi grafiksel olarak görselleştirilebilir; kuvvetin uygulama noktası, büyüklüğü ve yönü klinik durumu simüle etmek için kolayca değiştirilebilir; tekrar tekrar analiz yapma ilgili malzemenin fiziksel özelliklerini etkilemez; ve çalışma analizi yapan kişi tarafından dilediği kadar tekrar edilebilir (99).

Çalışmamızda üç stres değeri kullanılacaktır. Maksimum principal stres ve minimum principal stres gerilme ve basma alanlarını gösterir, bu değerler kemik apozisyon ve rezorpsiyon süreci hakkında tahminde bulunmamamıza yardımcı olur (126). Von Mises stresi özellikle sünek malzemelerin kırılma veya akma dayanımını belirlemek için kullanılan bir değerdir ve dental implant gibi sünek materyaller için deformasyonun başlangıcı olarak tanımlanır, bu nedenle, sünek malzeme içinde meydana gelen stresleri yorumlamak için bu değerler önemli olabilir. Von Mises stres değeri dental implant malzemesinin akma dayanımını aştığında malzemede başarısızlık oluşur (127). Asal gerilmeler (çekme ve sıkışma) değerleri, kemik gibi kırılma malzemeler için önemlidir, çünkü çekme gerilimi kemiğin çekme mukavemetinden, sıkışma gerilimi sıkışma mukavemetinden fazla olursa kemikte başarısızlık meydana gelir (127). Schneider, kortikal kemiğin gerilme mukavemeti 85 N mm<sup>2</sup> olduğunu belirtmiştir (128). Metalin aksine, kemik bazı plastik deformasyona uğrayabilir, ancak sadece sınırlı bir ölçüde. Fratzl'e göre, yüksek yük stresi, mikro çatlaklar oluşturarak mekanik enerjiyi dağıtacaktır (129). Bu mikro çatlaklar kemikte



kısa vadede geri dönüşü olmayan hasara sebep olur. Uzun vadede, bu bölgeler kemik remodelasyonu yardımıyla rejenere olduğundan olumsuz bir etki oluşturmazlar (130).

Veziroglu ve Yılmaz yaptıkları SEA çalışmasında elde edilen Von Mises stresini kemikte meydana ortalama stresleri değerlendirmek için, maksimum ve minimum asal (principal) gerilme değerlerini ise kemikte rezorbsiyon veya atrofiye neden olabilecek çekme ve basma kuvvetlerini değerlendirmek için kullanmışlardır (131).

Çalışmamızda en yüksek von mises değerleri kökler etrafında işaretlenen anatomik noktalar etrafında meydana geldikleri görülmüştür. Moga'ya göre, stres dağılımı ve yoğunluğu kök rezorpsiyon olasılığını belirlemede önemli bir faktördür (132). Haas apareyi kullanılan gruplarda diş köklerinde daha düşük von mises stresleri meydana gelmiştir, bu nedenden dolayı haas apareyi kullanılan gruplarda daha az miktarda kök rezorbsiyonu meydana geleceği düşünülmektedir.

Bazı çalışmalar kafatası modelini oluşturmak için shell tipi elemanlar kullanmışlardır (83). Shell tipi elemanlar kullanılarak oluşturulan modeller kafatası gibi karmaşık yapıları modellemede yeterli olmayabilir. Gautam ve ark. yaptıkları SEA çalışmasında solid 92 eleman kullanılarak(99) 108.799 element, 193.633 düğüm içeren kafatası modelini kullanmışlardır (98). Çalışmamızda kafatası modellerinde ortalama 677000 düğüm ve 389000 eleman kullanılmıştır. Çalışmamızda daha yüksek sayıda eleman ve düğüm noktasına sahip modeller kullanılarak yapılan analizlerin daha düşük sayıda eleman kullanılan modellere göre gerçeğe daha sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

Diş bağlı apareyler, genişletme esnasında diş, PDL ve kemik dokusuna yöneltilen yüksek kuvvet nedeniyle, destek dişlerde bukkal tipping ve kök rezorbsiyonu, periodontal sorunlar ve maksillanın palatal segmentlerinin dışa doğru rotasyonu ile sonuçlanabilecek bazı dezavantajları mevcuttur (133). Çalışmamızda kullanılan apareyler diş bağlı apareylerdir bu yüzden bu apareylerin dişler ve etrafındaki bölgelerde oluşturdukları etkiler gözlemlenebilir. Çalışmamızda dişlerin cusp ve kök bölgesindeki anatomik noktalardan elde edilen veriler ışığında dişler bölgesinde oluşturdukları stres ve yer değiştirmeye alakalı veriler osteotomi ve apareylerin birlikteliğinin dişler etrafında meydana getirdiği komplikasyonlar hakkında yorum yapmamıza ve tahminde bulunmamıza olanak sağlar. Dişlerin cusp

ve köklerinin hareketi haas apareyinin bulunduğu guruplarda daha yakın değerler göstermiştir. Bütün osteotomi ve aparey gruplarında horizontal düzlemde meydana gelen hareket sonucunda elde edilen veriler dişlerin cusplarında işaretlenen anatomik noktaların, kökler bölgesinde işaretlenen anatomik noktalara kıyasla eşit ya da daha fazla miktarda hareket ettiğini göstermektedir. Cusp ve köklerdeki hareket farkının bukkal yönde devrilme hareketine sebep olduğu düşünülmüştür.

SEA'da elde edilen sayısal değerler, değişkenlik göstermeyen matematiksel hesaplamalar olduğundan, sonuçların değerlendirilmesi için rutin olarak istatistiksel analizler gerekli değildir (127), bu sebeplerden dolayı çalışmamızda verileri yorumlamaya yönelik herhangi bir istatistiksel yöntem kullanılmamıştır.

Baldawa ve Bhad yaptıkları SEA çalışmasında horizontal düzlemde en yüksek genişleme santral kesici dişler ve kanin dişler bölgesinde olduğunu bulmuştur (99). Bizim çalışmamızda dişler bölgesinde birbirine yakın değerlerde genişleme olduğuna dair veriler mevcuttur. Bütün osteotomi gruplarında dişler bölgesindeki benzer genişleme değerlerinin pterigomaksiller kavşağın osteotomisine bağlı olarak gerçekleştiği düşünülmektedir.

## 6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda farklı osteotomi dizaynlarının ve aparey kombinasyonlarının SEA yardımıyla üst çene genişletilmesine etkisi incelenmiştir. Çalışmamız sonucunda:

- Dişler bölgesinde Haas apareyi gurubunda diğer aparey gruplarına göre daha fazla genişleme olduğu görülmüştür.
- Osteotomi grupları arasında horizontal yönde en yüksek genişleme 3 segmentli osteotomi gruplarında görülmüştür.
- 3 segmentli osteotomi gruplarında maksilla aşağı yönde daha az hareket etmiştir, bu yüzden vertikal büyüme paterni fazla olan hastalarda bu osteotomi dizaynı tercih edilebilir.
- Çalışmamızda maksillayı çevreleyen yumuşak dokular modellenmediğinden genişlemeye etkileri ölçülememiştir.
- Bütün osteotomi gruplarının transvers maksiller darlık tedavisinde kullanılabileceği düşünülmektedir.
- Haas apareyi kullanılan gruplarda bukkal yönde daha az devrilme görülmüştür, bu sebeple alveol kemiğin daha simetrik genişletilmesi istenildiğinde bu aparey tercih edilebilir.
- Çalışmamızda yetişkinlerdeki üst çene etrafındaki suturların modellenmesi amacıyla bütün suturlara benzer materyal özellikleri tanımlanmıştır ve literatürdeki ortalama değerler atanmıştır gerçekte böyle bir durum mümkün değildir.

## 7. KAYNAKLAR

1. **Haas AJ.** The Treatment of Maxillary Deficiency by Opening the Midpalatal Suture. *Angle Orthod* **1965**; 35:200-217.
2. **Isaacson RJ, Ingram AH.** Forces produced by rapid maxillary expansion: II. Forces present during treatment. *The Angle Orthodontist* **1964**; 34(4):261-270.
3. **Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KW, Huang GJ.** Orthodontics: current principles and techniques: Elsevier Health Sciences. **2016**.
4. **Alpern MC, Yurosko JJ.** Rapid palatal expansion in adults: with and without surgery. *The Angle Orthodontist* **1987**; 57(3):245-263.
5. **Timms DJ.** Rapid Maxillary Expansion. *The Angle Orthodontist* **1981**; 60(3):229.
6. **Haas AJ.** The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture. *The Angle Orthodontist* **1965**; 35(3):200-217.
7. **Putz R, Pabst R, Elhan A.** Sobotta İnsan Anaotmisi Atlası Cilt I. Türkçe 6. Baskı, Münih. Elsevier Urban ve Fisher; **2006**.
8. **Miloro M.** Peterson's principles of oral and maxillofacial surgery: PMPH-USA. **2011**.
9. **Norton NS.** Netter's head and neck anatomy for dentistry e-book: Elsevier Health Sciences. **2016**.
10. **Netter FH.** Atlas of Human Anatomy E-Book: Elsevier Health Sciences. **2017**.
11. **Suri L, Taneja P.** Surgically assisted rapid palatal expansion: a literature review. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* **2008**; 133(2):290-302.
12. **McNamaraa JA.** Maxillary transverse deficiency. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* **2000**; 117(5):567-570.
13. **Proffit W, Fields H.** Contemporary orthodontics Second edition. *United States of America, Mosby-Year Book Inc* **1993**.
14. **Moyers RE.** Handbook of orthodontics: Year Book Medical Pub. **1988**.
15. **Betts N, Vanarsdall R, Barber H, Higgins-Barber K, Fonseca R.** Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency. *The International journal of adult orthodontics and orthognathic surgery* **1995**; 10(2):75-96.
16. **Schindel RH, Duffy SL.** Maxillary transverse discrepancies and potentially impacted maxillary canines in mixed-dentition patients. *The Angle Orthodontist* **2007**; 77(3):430-435.

17. **Ulgen M.** Anomaliler, sefalometri, etyoloji, büyüme ve gelişim, tanı, ortodonti. *İstanbul, Yeditepe Üniversitesi Yayınları* **2000**.
18. **Wang Y, Shi B, Li Y, Zheng Q, Deng D-z.** Comparative study of maxillary growth and occlusal outcome after autogenous rib grafting in complete cleft palate defect. *Journal of Craniofacial surgery* **2006**; 17(1):68-79.
19. **Larsson E.** The effect of finger-sucking on the occlusion: a review. *The European Journal of Orthodontics* **1987**; 9(1):279-282.
20. **Suri L, Taneja P.** Surgically assisted rapid palatal expansion: a literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **2008**; 133(2):290-302.
21. **Zhou Y, Long H, Ye N, Xue J, Yang X, Liao L, Lai W.** The effectiveness of non-surgical maxillary expansion: a meta-analysis. *European journal of orthodontics* **2013**; 36(2):233-242.
22. **Haas AJ.** Palatal expansion: just the beginning of dentofacial orthopedics. *Am J Orthod* **1970**; 57(3):219-255.
23. **Proffit WR, Fields Jr HW, Sarver DM.** Contemporary orthodontics: Elsevier Health Sciences. **2006**.
24. **Baccetti T, Franchi L, Cameron CG, McNamara Jr JA.** Treatment timing for rapid maxillary expansion. *The Angle Orthodontist* **2001**; 71(5):343-350.
25. **Garrett BJ, Caruso JM, Rungcharassaeng K, Farrage JR, Kim JS, Taylor GD.** Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* **2008**; 134(1):8. e1-8. e11.
26. **Adkins MD, Nanda RS, Currier GF.** Arch perimeter changes on rapid palatal expansion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **1990**; 97(3):194-199.
27. **Wertz RA.** Skeletal and dental changes accompanying rapid midpalatal suture opening. *American journal of orthodontics* **1970**; 58(1):41-66.
28. **Warren DW, Hershey G, Turvey TA, Hinton VA, Hairfield WM.** The nasal airway following maxillary expansion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **1987**; 91(2):111-116.
29. **Machado-Júnior A-J, Zancanella E, Crespo A-N.** Rapid maxillary expansion and obstructive sleep apnea: A review and meta-analysis. *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal* **2016**; 21(4):e465.
30. **L'tanya JB, White Jr RP, Proffit WR, Turvey TA.** Segmental LeFort I osteotomy for management of transverse maxillary deficiency. *Journal of oral and maxillofacial surgery* **1997**; 55(7):728-731.
31. **Moss J.** Rapid expansion of the maxillary arch. II. Indications for rapid expansion. *JPO: the journal of practical orthodontics* **1968**; 2(5):215-223 concl.

32. **Bays RA, Greco JM.** Surgically assisted rapid palatal expansion: an outpatient technique with long-term stability. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* **1992**; 50(2):110-113.
33. **Lagravere M, Major Pa, Flores-Mir C.** Dental and skeletal changes following surgically assisted rapid maxillary expansion. *International journal of oral and maxillofacial surgery* **2006**; 35(6):481-487.
34. **Vanarsdall Jr RL.** Transverse dimension and long-term stability. **1999.** Elsevier. p 171-180.
35. **Vanarsdall R, Secchi A.** Periodontal/orthodontic interrelationships. *Orthodontics: current principle and techniques 2nd ed St Louis: Mosby* **1994**:712-749.
36. **Kennedy III JW, Bell WH, Kimbrough O, James WB.** Osteotomy as an adjunct to rapid maxillary expansion. *American journal of orthodontics* **1976**; 70(2):123-137.
37. **Bell WH, Epker BN.** Surgical-orthodontic expansion of the maxilla. *American journal of orthodontics* **1976**; 70(5):517-528.
38. **Epker BN, Fish LC, Stella JP.** Dentofacial deformities: integrated orthodontic and surgical correction: Mosby St. Louis. **1986.**
39. **Mommaerts M.** Transpalatal distraction as a method of maxillary expansion. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* **1999**; 37(4):268-272.
40. **Melsen B.** Palatal growth studied on human autopsy material: a histologic microradiographic study. *American journal of Orthodontics* **1975**; 68(1):42-54.
41. **Ilizarov GA.** Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. *Clinical orthopaedics and related research* **1990**(250):8-26.
42. **Timms D, Vero D.** The relationship of rapid maxillary expansion to surgery with special reference to midpalatal synostosis. *British Journal of Oral Surgery* **1981**; 19(3):180-196.
43. **Glassman AS, Nahigian SJ, Medway JM, Aronowitz HI.** Conservative surgical orthodontic adult rapid palatal expansion: sixteen cases. *American journal of orthodontics* **1984**; 86(3):207-213.
44. **Pogrel M, Kaban L, Vargervik K, Baumrind S.** Surgically assisted rapid maxillary expansion in adults. *The International journal of adult orthodontics and orthognathic surgery* **1992**; 7(1):37-41.
45. **Han UA, Kim Y, Park JU.** Three-dimensional finite element analysis of stress distribution and displacement of the maxilla following surgically assisted rapid maxillary expansion. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* **2009**; 37(3):145-154.
46. **Koudstaal M, Poort L, Van der Wal K, Wolvius E, Prah-Andersen B, Schulten A.** Surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME): a review of the literature. *International journal of oral and maxillofacial surgery* **2005**; 34(7):709-714.

47. **Kraut RA.** Surgically assisted rapid maxillary expansion by opening the midpalatal suture. *Journal of oral and maxillofacial surgery* **1984**; 42(10):651-655.
48. **Mossaz C, Byloff F, Richter M.** Unilateral and bilateral corticotomies for correction of maxillary transverse discrepancies. *The European Journal of Orthodontics* **1992**; 14(2):110-116.
49. **Laudemann K, Petruchin O, Nafzger M, Ballon A, Kopp S, Sader RA, Landes CA.** Long-term 3D cast model study: bone-borne vs. tooth-borne surgically assisted rapid maxillary expansion due to secondary variables. *Oral and maxillofacial surgery* **2010**; 14(2):105-114.
50. **Lehman JJ, Haas A.** Surgical-orthodontic correction of transverse maxillary deficiency. *Dental clinics of North America* **1990**; 34(2):385-395.
51. **Mofid MM, Manson PN, Robertson BC, Tufaro AP, Elias JJ, Vander Kolk CA.** Craniofacial distraction osteogenesis: a review of 3278 cases. *Plast Reconstr Surg* **2001**; 108(5):1103-1114; discussion 1115-1107.
52. **Koudstaal MJ, van der Wal KG, Wolvius EB, Schulten AJ.** The Rotterdam Palatal Distractor: introduction of the new bone-borne device and report of the pilot study. *Int J Oral Maxillofac Surg* **2006**; 35(1):31-35.
53. **Garib DG, Henriques JFC, Janson G, Freitas MR, Coelho RA.** Rapid Maxillary Expansion—Tooth Tissue-Borne Versus Tooth-Borne Expanders: A Computed Tomography Evaluation of Dentoskeletal Effects. *The Angle Orthodontist* **2005**; 75(4):548-557.
54. **Garib DG, Henriques JFC, Janson G, de Freitas MR, Fernandes AY.** 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* **2006**; 129(6):749-758.
55. **Biederman W.** A hygienic appliance for rapid expansion. *JPO J Pract Orthod* **1968**; 2(2):67-70.
56. **Wendling LK, Jr JAM, Franchi L, Baccetti T.** A Prospective Study of the Short-term Treatment Effects of the Acrylic-splint Rapid Maxillary Expander Combined with the Lower Schwarz Appliance. *The Angle Orthodontist* **2005**; 75(1):7-14.
57. **Subtelny JD.** Oral respiration: facial maldevelopment and corrective dentofacial orthopedics. *Angle Orthod* **1980**; 50(3):147-164.
58. **Günbay T, Akay MC, Günbay S, Aras A, Koyuncu BÖ, Sezer B.** Transpalatal distraction using bone-borne distractor: clinical observations and dental and skeletal changes. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* **2008**; 66(12):2503-2514.
59. **Gao J, Xu W, Ding Z.** 3D finite element mesh generation of complicated tooth model based on CT slices. *Computer methods and programs in biomedicine* **2006**; 82(2):97-105.
60. **Viceconti M, Zannoni C, Testi D, Petrone M, Perticoni S, Quadrani P, Taddei F, Imboden S, Clapworthy G.** The multimod application framework: a rapid application development tool

for computer aided medicine. *Computer methods and programs in biomedicine* **2007**; 85(2):138-151.

61. **Weinstein AM, Klawitter JJ, Anand SC, Schuessler R.** Stress analysis of porous rooted dental implants. *Journal of Dental Research* **1976**; 55(5):772-777.
62. **Maurer P, Holweg S, Schubert J.** Finite-element-analysis of different screw-diameters in the sagittal split osteotomy of the mandible. *Journal of cranio-maxillofacial surgery* **1999**; 27(6):365-372.
63. **Wong R, Tideman H, Merckx M, Jansen J, Goh S, Liao K.** Review of biomechanical models used in studying the biomechanics of reconstructed mandibles. *International journal of oral and maxillofacial surgery* **2011**; 40(4):393-400.
64. **Jędrusik-Pawłowska M, Kromka-Szydek M, Kutra M, Niedzielska I.** Mandibular reconstruction: biomechanical strength analysis (FEM) based on a retrospective clinical analysis of selected patients. *Acta of Bioengineering and Biomechanics* **2013**; 15(2).
65. **Koch RM, Gross MH, Carls FR, von Büren DF, Fankhauser G, Parish YI.** Simulating facial surgery using finite element models. *Technischer Bericht/Eidgenössische Technische Hochschule, Departement Informatik* **1996**; 246.
66. **Borchers L, Reichart P.** Three-dimensional stress distribution around a dental implant at different stages of interface development. *Journal of Dental Research* **1983**; 62(2):155-159.
67. **Aquilina P, Chamoli U, Parr WC, Clausen PD, Wroe S.** Finite element analysis of three patterns of internal fixation of fractures of the mandibular condyle. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* **2013**; 51(4):326-331.
68. **Boccaccio A, Lamberti L, Pappalettere C, Cozzani M, Siciliani G.** Comparison of different orthodontic devices for mandibular symphyseal distraction osteogenesis: a finite element study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **2008**; 134(2):260-269.
69. **Van Staden R, Guan H, Loo Y-C.** Application of the finite element method in dental implant research. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering* **2006**; 9(4):257-270.
70. **İnan M.** Cisimlerin mukavemeti: İTÜ Vakfı. **2001**.
71. **Sundar SS, Nandlal B, Saikrishna D, Mallesh G.** Finite element analysis: a maxillofacial surgeon's perspective. *Journal of maxillofacial and oral surgery* **2012**; 11(2):206-211.
72. **Sharir A, Barak MM, Shahar R.** Whole bone mechanics and mechanical testing. *The Veterinary Journal* **2008**; 177(1):8-17.
73. **KOCATÜRK T.** Mukavemet. *Yıldız Teknik Üniversitesi Ders Notları*.
74. **Şanal KO.** Segmental Rezeke Mandibula Onarımında Kullanılan Farklı Osteosentez Sistemlerinin Sonlu Eleman Yöntemi İle İncelenmesi Doktora Tezi *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Samsun, **2012**: 112 s.



75. **Viecilli RF, Katona TR, Chen J, Hartsfield Jr JK, Roberts WE.** Three-dimensional mechanical environment of orthodontic tooth movement and root resorption. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **2008**; 133(6):791. e711-791. e726.
76. **Beer F, DeWolf J, Johnston Jr ER, Mazurek D.** Mechanics of materials. **2014**.
77. **Motoyoshi M, Ueno S, Okazaki K, Shimizu N.** Bone stress for a mini-implant close to the roots of adjacent teeth-3D finite element analysis. *International journal of oral and maxillofacial surgery* **2009**; 38(4):363-368.
78. **Tanne K, Hiraga J, Sakuda M.** Effects of directions of maxillary protraction forces on biomechanical changes in craniofacial complex. *The European Journal of Orthodontics* **1989**; 11(4):382-391.
79. **Callister W.** Ciência E Engenharia de Materiais: Uma Introdução: Grupo Gen-LTC. **2000**.
80. **De Assis D, Xavier T, Noritomi P, Gonçalves A, Ferreira Jr O, De Carvalho P, Gonçalves ES.** Finite element analysis of stress distribution in anchor teeth in surgically assisted rapid palatal expansion. *International journal of oral and maxillofacial surgery* **2013**; 42(9):1093-1099.
81. **Ramoğlu M.** Diş Hekimliğinde Stres Analiz Yöntemleri: Sonlu Elemanlar Stres Analizi. *Türkiye Klinikleri Oral and Maxillofacial Surgery-Special Topics* **2016**; 2(2):106-112.
82. **Tanne K, Hiraga J, Kakiuchi K, Yamagata Y, Sakuda M.** Biomechanical effect of anteriorly directed extraoral forces on the craniofacial complex: a study using the finite element method. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **1989**; 95(3):200-207.
83. **Işeri H, Tekkaya AE, Öztan Ö, Bilgic S.** Biomechanical effects of rapid maxillary expansion on the craniofacial skeleton, studied by the finite element method. *The European Journal of Orthodontics* **1998**; 20(4):347-356.
84. **Jafari A, Shetty KS, Kumar M.** Study of stress distribution and displacement of various craniofacial structures following application of transverse orthopedic forces—a three-dimensional FEM study. *The Angle Orthodontist* **2003**; 73(1):12-20.
85. **Rees J, Jacobsen P.** Elastic modulus of the periodontal ligament. *Biomaterials* **1997**; 18(14):995-999.
86. **Ertem SY.** Eğimli ve Köşeli Yapılan Marjinal Mandibulektominin Kuvvet İletimine Etkisinin Üç Boyutlu Modelleme ve Sonlu Elemanlar Analizi İle Değerlendirilmesi, Doktora Tezi *Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010*: 153 s.
87. **Gerlach KL, Zahl C.** Surgically assisted rapid palatal expansion using a new distraction device: report of a case with an epimucosal fixation. *Journal of oral and maxillofacial surgery* **2005**; 63(5):711-713.
88. **De Assis DSFR, Xavier TA, Noritomi PY, Gonçalves ES.** Finite element analysis of bone stress after SARPE. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* **2014**; 72(1):167. e161-167. e167.

89. **Stork J, Kim R, Regennitter F, Keller E.** Maxillary quadrangular Le Fort I osteotomy: long-term skeletal stability and clinical outcome. *International journal of oral and maxillofacial surgery* **2013**; 42(12):1533-1546.
90. **Pektas ZÖ, Kircelli BH, Cilasun Ü.** Modified osteotomy to manage anterior constriction with surgically assisted rapid maxillary expansion. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* **2008**; 66(7):1538-1541.
91. **Landes CA, Laudemann K, Petruchin O, Revilla C, Seitz O, Kopp S, Ludwig B, Sader RA.** Advantages and limits of 3-segment (paramedian) versus 2-segment (median) surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME). *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology* **2012**; 113(1):29-40.
92. **Al-Ouf K, Krenkel C, Hajeer M, Sakka S.** Osteogenic uni-or bilateral form of the guided rapid maxillary expansion. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* **2010**; 38(3):160-165.
93. **Melsen B, Melsen F.** The postnatal development of the palatomaxillary region studied on human autopsy material. *American journal of orthodontics* **1982**; 82(4):329-342.
94. Herring SW. Mechanical influences on suture development and patency. *Craniofacial Sutures*. Volume 12: Karger Publishers. 2008:41-56.
95. **Henderson JH, Longaker MT, Carter DR.** Sutural bone deposition rate and strain magnitude during cranial development. *Bone* **2004**; 34(2):271-280.
96. **Provatidis C, Georgiopoulos B, Kotinas A, McDonald J.** On the FEM modeling of craniofacial changes during rapid maxillary expansion. *Medical engineering & physics* **2007**; 29(5):566-579.
97. **Pan X, Qian Y, Yu J, Wang D, Tang Y, Shen G.** Biomechanical effects of rapid palatal expansion on the craniofacial skeleton with cleft palate: a three-dimensional finite element analysis. *The Cleft palate-craniofacial journal* **2007**; 44(2):149-154.
98. **Gautam P, Valiathan A, Adhikari R.** Stress and displacement patterns in the craniofacial skeleton with rapid maxillary expansion: a finite element method study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **2007**; 132(1):5. e1-5. e11.
99. **Baldawa RS, Bhad WA.** Stress distribution analysis during an intermaxillary dysjunction: A 3-D FEM study of an adult human skull. *Annals of maxillofacial surgery* **2011**; 1(1):19.
100. **Byloff FK, Mossaz CF.** Skeletal and dental changes following surgically assisted rapid palatal expansion. *The European Journal of Orthodontics* **2004**; 26(4):403-409.
101. **Shetty V, Caridad J, Caputo AA, Chaconas SJ.** Biomechanical rationale for surgical-orthodontic expansion of the adult maxilla. *Journal of oral and maxillofacial surgery* **1994**; 52(7):742-749.
102. **Basdra EK, Zöller J, Komposch G.** Surgically assisted rapid palatal expansion. *Journal of clinical orthodontics: JCO* **1995**; 29(12):762-766.

103. **Zöller J, Ullrich H.** Combined surgical-orthodontic palatine suture expansion in adulthood. *Fortschritte der Kieferorthopädie* **1991**; 52(2):61-65.
104. **Feller K, Herzmann K, Schimming R, Eckelt U.** Glassman palatine expansion. Experiences with mono-and bimaxillary dysgnathia operations. *Mund-, Kiefer-und Gesichtschirurgie: MKG* **1998**; 2(1):26-29.
105. **Schimming R, Feller K-U, Herzmann K, Eckelt U.** Surgical and orthodontic rapid palatal expansion in adults using Glassman's technique: retrospective study. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* **2000**; 38(1):66-69.
106. **Holberg C, Steinhäuser S, Rudzki-Janson I.** Rapid maxillary expansion in adults: cranial stress reduction depending on the extent of surgery. *The European Journal of Orthodontics* **2007**; 29(1):31-36.
107. **Holberg C.** Effects of rapid maxillary expansion on the cranial base—an FEM-analysis. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie* **2005**; 66(1):54-66.
108. **Gardner GE, Kronman JH.** Cranioskeletal displacements caused by rapid palatal expansion in the rhesus monkey. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **1971**; 59(2):146-155.
109. **Işeri H, Tekkaya AE, Öztan Ö, Bilgiç S.** Biomechanical effects of rapid maxillary expansion on the craniofacial skeleton, studied by the finite element method. *European Journal of Orthodontics* **1998**; 20(4):347-356.
110. **Haas AJ.** Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture. *The Angle Orthodontist* **1961**; 31(2):73-90.
111. **Gray LP.** Results of 310 cases of rapid maxillary expansion selected for medical reasons. *The Journal of Laryngology & Otology* **1975**; 89(6):601-614.
112. **Pavlin D, Vukicevic D.** Mechanical reactions of facial skeleton to maxillary expansion determined by laser holography. *American journal of orthodontics* **1984**; 85(6):498-507.
113. **MacGinnis M, Chu H, Youssef G, Wu KW, Machado AW, Moon W.** The effects of micro-implant assisted rapid palatal expansion (MARPE) on the nasomaxillary complex—a finite element method (FEM) analysis. *Progress in Orthodontics* **2014**; 15(1):52.
114. **Kudlick EM.** A study utilizing dry human skulls as models to determine how bones of the craniofacial complex are displaced under the influence of midpalatal expansion. *American Journal of Orthodontics* **1974**; 66(1):103.
115. **Brossman R, Bennett C, Merow W.** Facioskeletal remodelling resulting from rapid palatal expansion in the monkey (*Macaca cynomolgus*). *Archives of oral biology* **1973**; 18(8):987-1003.
116. **Matteini C, Mommaerts MY.** Posterior transpalatal distraction with pterygoid disjunction: a short-term model study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **2001**; 120(5):498-502.

117. **Lanigan DT, Mintz SM.** Complications of surgically assisted rapid palatal expansion: review of the literature and report of a case. *Journal of oral and maxillofacial surgery* **2002**; 60(1):104-110.
118. **Lee K-G, Ryu Y-K, Park Y-C, Rudolph DJ.** A study of holographic interferometry on the initial reaction of maxillofacial complex during protraction. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* **1997**; 111(6):623-632.
119. **Braun S, Bottrel JA, Lee K-G, Lunazzi JJ, Legan HL.** The biomechanics of rapid maxillary sutural expansion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **2000**; 118(3):257-261.
120. **da Silva Filho OG, do Prado Montes LA, Torelly LF.** Rapid maxillary expansion in the deciduous and mixed dentition evaluated through posteroanterior cephalometric analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **1995**; 107(3):268-275.
121. **Silva Filho O, Villas Boas M, Capelozza Filho L.** Rapid maxillary expansion in the primary and mixed dentitions: a cephalometric evaluation. *am J Orthod dentofacial Orthop, St. Louis*; **1991**.
122. **Provatidis C, Georgiopoulos B, Kotinas Aa, McDonald J.** Evaluation of craniofacial effects during rapid maxillary expansion through combined in vivo/in vitro and finite element studies. *The European Journal of Orthodontics* **2008**; 30(5):437-448.
123. **Starnbach H, Bayne D, Cleall J, Subtelny JD.** Facioskeletal and dental changes resulting from rapid maxillary expansion. *The Angle Orthodontist* **1966**; 36(2):152-164.
124. **Capelozza LF, Cardoso JN, Ursi W.** Non-surgically assisted rapid maxillary expansion in adults. *The International journal of adult orthodontics and orthognathic surgery* **1996**; 11(1):57-66; discussion 67-70.
125. **Thresher RW, Saito GE.** The stress analysis of human teeth. *Journal of Biomechanics* **1973**; 6(5):443-449.
126. **Cattaneo P, Dalstra M, Melsen B.** The finite element method: a tool to study orthodontic tooth movement. *Journal of dental research* **2005**; 84(5):428-433.
127. **İplikçioğlu H, Akça K.** Comparative evaluation of the effect of diameter, length and number of implants supporting three-unit fixed partial prostheses on stress distribution in the bone. *Journal of dentistry* **2002**; 30(1):41-46.
128. **Schneider D.** Vergleichende Materialprüfung von menschlichem Knochen und KALLOCRYL. *Zahn-Mund-Kieferheilk* **1988**; 76:608-609.
129. **Fratzl P.** Von Knochen, Holz und Zähnen. *Physik Journal* **2002**; 1(5):49-55.
130. **Knoll W-D, Gaida A, Maurer P.** Analysis of mechanical stress in reconstruction plates for bridging mandibular angle defects. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* **2006**; 34(4):201-209.

131. **Veziroglu F, Yilmaz D.** Biomechanical evaluation of the consolidation period of alveolar distraction osteogenesis with three-dimensional finite element analysis. *International journal of oral and maxillofacial surgery* **2008**; 37(5):448-452.
132. **Moga R, Chiorean C.** Periodontal ligament stress analysis during periodontal resorption. **2016.**
133. **Koudstaal M, Wolvius E, Schulten A, Hop W, Van der Wal K.** 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* **2009**; 38(4):308-315.



## 8. ÖZGEÇMİŞ

### **Kişisel bilgiler:**

Adı Soyadı: Tayfun Tolgay ÇELİK

Doğum Yeri ve Tarihi: Yeşilyurt,14/07/1987

Yabancı Dil: İngilizce

E-posta Adresi: Tayfuntoc@gmail.com

### **Eğitim ve Akademik Durumu:**

Lise: Malatya Gazi Lisesi, 2005

Lisans: Selçuk Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi, 2014

Yüksek Lisans: Selçuk Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi, 2014

Uzmanlık: Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Dış Hekimliği  
Fakültesi Çene Cerrahisi AD, 2020



