

**BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HIZLI MAKSİLER EKSPANSİYON PROTOKOLÜNDE FARKLI CERRAHİ  
TEKNİKLERİN KRANİOFASİYAL YAPILAR ÜZERİNE ETKİLERİNİN  
SONLU ELEMANLAR ANALİZİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

**DOKTORA TEZİ**

**Nihal KAYA**

**Ortodonti Anabilim Dalı**

**Ortodonti Doktora Programı**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğretim Üyesi Elif Dilara ŞEKER**

**AĞUSTOS 2023**

**BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HIZLI MAKSİLER EKSPANSİYON PROTOKOLÜNDE FARKLI CERRAHİ  
TEKNİKLERİN KRANİOFASİYAL YAPILAR ÜZERİNE ETKİLERİNİN SONLU  
ELEMENLAR ANALİZİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

**DOKTORA TEZİ**

**Nihal KAYA**  
**(195306004)**

**Ortodonti Anabilim Dalı**

**Ortodonti Doktora Programı**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğretim Üyesi Elif Dilara ŞEKER**

**AĞUSTOS 2023**

Bezmialem Vakıf Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü'nün 195306004 numaralı Doktora Öğrencisi Nihal KAYA, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**HIZLI MAKSİLER EKSPANSİYON PROTOKOLÜNDE FARKLI CERRAHİ TEKNİKLERİN KRANİOFASİYAL YAPILAR ÜZERİNE ETKİLERİNİN SONLU ELEMANLAR ANALİZİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Dr. Öğretim Üyesi Elif Dilara ŞEKER** .....  
Bezmialem Vakıf Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Prof. Dr. Beyza HANCIOĞLU KIRCELLİ** .....  
Bahçeşehir Üniversitesi

**Prof. Dr. Gökmen KURT** .....  
Bezmialem Vakıf Üniversitesi

**Dr. Öğretim Üyesi Can ARSLAN** .....  
Yeditepe Üniversitesi

**Dr. Öğretim Üyesi Ezgi SUNAL AKTÜRK** .....  
Bezmialem Vakıf Üniversitesi

**Doç. Dr. Mehmet Burak GÜNEŞER** .....  
Bezmialem Vakıf Üniversitesi

**Teslim Tarihi** : **10 Temmuz 2023**  
**Savunma Tarihi** : **09 Ağustos 2023**



**Eşime ve aileme,**

## ÖNSÖZ

Doktora eğitimim boyunca bilgi ve birikimleriyle bana yol gösteren; bu süreçte desteğini esirgemeyen, akademisyenliğiyle bana örnek olan çok değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Elif Dilara ŞEKER'e,

Bilgi ve tecrübeleriyle doktora eğitimimde emeği geçen değerli hocalarım Prof. Dr. Nazan KÜÇÜKKELEŞ, Prof. Dr. Gökmen Kurt, Doç. Dr. Berza YILMAZ, Dr. Öğr. Üyesi Banu KILIÇ, Dr. Öğr. Üyesi Ezgi SUNAL AKTÜRK'e, Dr. Öğr. Üyesi Şerife ŞAHİN'e

Tez çalışmama cerrahi kısmındaki katkılarından dolayı Doç. Dr. Türker YÜCESOY'a, Tez çalışmamın teknik kısmında sabır ve titizlikle ilgilenen Tinus Teknoloji üyesi Sayın Kaan YARDIMCI'ya,

Tez çalışmama '20211211' proje numarası ile finansal katkılarından dolayı Bezmialem Vakıf Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı'na,

Her zaman yanımda olduklarını bildiğim, sevgi ve desteklerini her daim üzerimde hissettiğim sevgili aileme,

Doktora eğitimim boyunca desteğiyle her zaman yanımda olan ve bu süreci güzelleştiren kıymetli eşim Hayrullah KAYA'ya,

Sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos 2023

Nihal KAYA

## **BEYAN**

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

Nihal KAYA

İmza

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	iv
BEYAN.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
KISALTMALAR .....	ix
TABLO LİSTESİ .....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xvii
SUMMARY .....	xix
1.GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Maksiler Gelişim.....	3
2.2. Maksiler Darlık .....	4
2.2.1. Maksiler darlık tanımı ve görülme sıklığı .....	4
2.2.2. Etiyoloji ve sınıflandırma.....	5
2.2.2.1. Genetik faktörler .....	5
2.2.3. Teşhis .....	10
2.2.4. Maksiler darlık tedavisi.....	15
2.3. Yavaş Üst Çene Genişletmesi .....	17
2.4. Yarı Hızlı Üst Çene Genişletmesi .....	18
2.5. Hızlı Üst Çene Genişletmesi .....	18
2.5.1. Tarihçe.....	21
2.5.2. Endikasyon ve kontrendikasyonları .....	23
2.5.3. Midpalatal sütür maturasyonu ve yaş ile ilişkisi .....	25
2.5.4. Hızlı üst çene genişletmesinin etkileri .....	27

2.5.5. Apareyler.....	33
2.6. Cerrahi Destekli Hızlı Üst Çene Genişletmesi.....	41
2.7. Gerilme Analiz Metodları .....	42
2.7.1. Fotoelastik kuvvet analiz yöntemi .....	43
2.7.2. Kırılğan vernik tekniği ile kuvvet analiz yöntemi.....	43
2.7.3. Holografik interferometre (lazer ışını ile kuvvet analiz yöntemi).....	44
2.7.4. Termografik stres analiz yöntemi.....	44
2.7.5. Gerilim ölçer stres analiz yöntemi (strain-gauge).....	44
2.7.6. Radiotelemetri .....	45
2.7.7. Denek hayvan çalışmalarları .....	45
2.7.8. Sonlu elemanlar analizi .....	45
<b>3.GEREÇ VE YÖNTEM.....</b>	<b>61</b>
3.1. Dahil Edilme Kriterleri .....	61
3.2. Dışlama Kriterleri.....	61
3.3 Geometrik Modellerinin Oluşturulması .....	62
3.4. Çalışmada Kullanılan Apareylerin ve Çalışma Modellerinin Oluşturulması..	63
3.5. Matematiksel Modellerin Elde Edilmesi.....	65
3.6. Kullanılan Materyaller ve Özellikleri .....	65
3.7. Kuantitatif Model Bilgileri.....	66
3.8. Yükleme Senaryoları ve Sınır Koşulları .....	67
3.9. Sistemlerin Birleştirilmesi ve Bağlantı Durumu .....	68
3.10. Ekspansiyon Aparey Tasarımları ve Ekspansiyon Protokolü .....	68
3.11. Araştırılan Anatomik Noktalar.....	72

<b>4. BULGULAR</b> .....	<b>74</b>
4.1. Grupların Von Mises Stress Değerleri .....	74
4.1.1. Diş destekli grubun von mises stres değerleri.....	75
4.1.2. Hibrit destekli grubun von mises stres değerleri.....	76
4.1.3. Kemik destekli grubun von mises stres değerleri .....	78
4.1.4 Çevre Yapılarda Görülen Von Mises stres değerleri .....	80
4.2. Grupların x,y,z ekseninde ve total yer değiştirme miktarları.....	86
4.2.1 Diş destekli grupta x-y-z ekseninde ve total yer değiştirme miktarları.....	86
4.2.2. Hibrit Grubun X-Y-Z Ekseninde ve Total Yer Değiştirme Miktarları:	101
4.2.3. Kemik destekli grubun x-y-z ekseninde ve total yer değiştirme miktarları:	116
4.2.4. Nasomaksiller komplekste yer değiştirmeye ilişkin sonuçlar .....	131
<b>5. TARTIŞMA</b> .....	<b>134</b>
5.1 Amaç .....	134
5.2 Materyal Metod.....	135
5.2.1. Modellerin oluşturulması .....	136
5.2.2. Genişletme aparey tasarımlarının oluşturulması.....	138
5.3 Von Mises Stres ve Yer Değiştirme Dağılımına Ait Bulguların Tartışılması	141
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>147</b>
<b>EKLER</b> .....	<b>149</b>
<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>150</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>176</b>

## KISALTMALAR

<b>Alt-RAMEC</b>	:Alternate rapid maxillary expansions and constrictions
<b>AMEX</b>	: Asimetrik üst çene genişletme apareyi
<b>ANS</b>	: Anterior nazal spina
<b>BAP</b>	: Bilimsel Araştırma Projeleri
<b>BT</b>	: Bilgisayarlı Tomografi
<b>CAD</b>	: Bilgisayar Destekli Yazılım (Computer Aided Design)
<b>CBCT</b>	: Cone-beam Computed Tomografi
<b>DICOM</b>	: Digital Imaging and Communications in Medicine
<b>DVT</b>	:Dental Volümetrik Tomografi
<b>FEM</b>	: Finite Element Method
<b>Gf</b>	: Gram-kuvvet
<b>HU</b>	: Hounsfield unit
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>kgf</b>	: Kilogram-kuvvet
<b>MIMICS</b>	: Materialise's Interactive Medical Image Control System
<b>Hyrax</b>	: Hygienic Appliance for Rapid Expansion
<b>MARPE</b>	: Minivida Destekli Hızlı Maksiller Ekspansiyon
<b>Mm</b>	: Milimetre
<b>PDL</b>	: Periodontal Ligament
<b>Sn</b>	: Saniye
<b>MPa</b>	: Mega Paskal Terimi
<b>MR</b>	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
<b>MSDR</b>	: Midpalatal Sütür Densite Oranı
<b>N</b>	: Newton
<b>Ni-Ti</b>	: Nikel-titanyum
<b>P</b>	: Pascal
<b>Pmax</b>	: Maksimum Asal Gerilme
<b>Pmin</b>	: Minimum Asal Gerilme
<b>PNS</b>	: Posterior Nazal Spina
<b>RAP</b>	: Bölgesel Hızlanma Fenomeni

**RME**

**: Hızlı Maksiller Genişletme**



<b>SARME</b>	: Cerrahi Destekli Hızlı Üst Çene Genişletmesi
<b>SME</b>	: Yavaş Maksiller Ekspansiyon
<b>STL</b>	: Stereolitografinin
<b>SVMS</b>	: Servikal Vertebra Matürasyon Evrenleme Metodu
<b>TD</b>	: Transpalatal Distraktör



## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 3.1</b> : Kullanılan malzemelerin Young's modül ve poisson oranları .....	63
<b>Tablo 3.2</b> : Çalışmada kullanılan modellerinin düğüm ve element sayıları .....	63
<b>Tablo 3.3</b> : Araştırılan Anatomik Noktalar .....	71
<b>Tablo 4.1</b> : Diş destekli grupta Tip 1 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları. ...	86
<b>Tablo 4.2</b> : Diş destekli grupta Tip 2 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları. ...	90
<b>Tablo 4.3</b> : Diş destekli grupta Tip 3 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları. ...	94
<b>Tablo 4.4</b> : Diş destekli grupta Tip 4 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları. ...	98
<b>Tablo 4.5</b> : Diş destekli grupta Tip 5 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları. ...	102
<b>Tablo 4.6</b> : Hibrit grupta Tip 1 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları.....	106
<b>Tablo 4.7</b> : Hibrit grupta Tip 2 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları.....	110
<b>Tablo 4.8</b> : Hibrit grupta Tip 3 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları.....	114
<b>Tablo 4.9</b> : Hibrit grupta Tip 4 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları.....	118
<b>Tablo 4.10</b> : Hibrit grupta Tip 5 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları.....	123
<b>Tablo 4.11</b> : Kemik destekli grupta Tip 1 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları. ....	127
<b>Tablo 4.12</b> : Kemik destekli grupta Tip 2 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları. ....	131
<b>Tablo 4.13</b> : Kemik destekli grupta Tip 3 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları. ....	135
<b>Tablo 4.14</b> : Kemik destekli grupta Tip 4 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları. ....	139
<b>Tablo 4.15</b> : Kemik destekli grupta Tip 5 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları. ....	143
<b>Tablo 5.1</b> : FEM literatüründe üst çene genişletmesinde kullanılan modellerin eleman sayısı, düğüm sayısı ve kesit kalınlığının oluşturulmasındaki farklılıklar.....	155

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 : Elastik modülüs denklemleri .....	52
Şekil 2.2 : Eleman ve düğüm noktası [269].....	54
Şekil 3.1 : DICOM verilerinin görünümü.....	61
Şekil 3.2 : Dişler , periodontal ligament , süturlar ve çevre kraniofasiyal yapıların modellenmesi .....	62
Şekil 3.3 : Aparent tasarımları ve kullanılan apaneylerin üst çene üzerinde modellenmesi .....	63
Şekil 3.4 : Analize hazır hale getirilen matematiksel model .....	63
Şekil 3.5 : A Kırmızı renk ile gösterilen sınır koşulu B Mavi renk ile gösterilen sınır koşulu .....	66
Şekil 3.6 : Geleneksel genişletme yöntemi (Tip 1).....	68
Şekil 3.7 : A Midpalatal sutureda kortikopuncture uygulaması (Tip 2) B Kortikopuncture uygulaması için yapılan model. ....	68
Şekil 3.8 : Lefort-1 osteotomi hattında kortikopuncture uygulaması .....	69
Şekil 3.9 : Pterigomaksiller bileşke ayrılmadan yapılan cerrahi destekli üst çene genişletmesi.....	69
Şekil 3.10 : A Pterigomaksiller bileşke ayrılarak yapılan cerrahi destekli üst çene genişletmesi.....	70
Şekil 3.11 : A McNamara tipi akrilik çap splintli RME, B Hibrit genişletme aygıt tasarımı, C Kemik destekli genişletme aygıt tasarımı, D Geleneksel RME protokolü, E Midpalatal suture kortikopuncture destekli RME, F Lefort I osteotomi hattında kortikopuncture destekli RME , G Pterigomaksiller bileşke ayrılmadan yapılan SARME , H Pterigomaksiller bileşke ayrılarak yapılan SARME.....	71
Şekil 3.12 : Von Mises stres değerleri ve yer değiştirme miktarına bakılan anatomik noktalar.....	72

<b>Şekil 4.1</b> : Von Mises stres değerlerinin görüldüğü renk skalası.....	74
<b>Şekil 4.2</b> : Diş destekli grubun Tip 1 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.....	74
<b>Şekil 4.3</b> : Diş destekli grubun Tip 2 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.....	75
<b>Şekil 4.4</b> : Diş destekli grubun Tip 3 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.....	75
<b>Şekil 4.5</b> : Diş destekli grubun Tip 4 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.....	75
<b>Şekil 4.6</b> : Diş destekli grubun Tip 5 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.....	76
<b>Şekil 4.7</b> : Hibrit grubun Tip 1 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri. ....	76
<b>Şekil 4.8</b> : Hibrit grubun Tip 2 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri. ....	76
<b>Şekil 4.9</b> : Hibrit grubun Tip 3 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri. ....	77
<b>Şekil 4.10</b> : Hibrit grubun Tip 4 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri. ....	77
<b>Şekil 4.11</b> : Hibrit grubun Tip 5 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri. ....	77
<b>Şekil 4.12</b> : Kemik destekli grubun Tip 1 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.....	78
<b>Şekil 4.13</b> : Kemik destekli grubun Tip 2 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.....	78
<b>Şekil 4.14</b> : Kemik destekli grubun Tip 3 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.....	78
<b>Şekil 4.15</b> : Kemik destekli grubun Tip 4 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.....	79
<b>Şekil 4.16</b> : Kemik destekli grubun Tip 5 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.....	79
<b>Şekil 4.17</b> : 1. Premolar ve 1. Molara ait Von Mises stres değerleri. ....	80
<b>Şekil 4.18</b> : Anterior ve posterior midpalatal sutura ait Von Mises stres değerleri. ..	81
<b>Şekil 4.19</b> : Diş destekli grupta frontomaksiller, frontonazal, internazal, nazomaksiller ve zigomatikomaksiller sutulrara ait Von Mises stres değerleri. ....	82
<b>Şekil 4.20</b> : Hibrit grupta frontomaksiller, frontonazal, internazal, nazomaksiller ve zigomatikomaksiller sutulrara ait Von Mises stres değerleri. ....	82
<b>Şekil 4.21</b> : Kemik destekli grupta frontomaksiller, frontonazal, internazal, nazomaksiller ve zigomatikomaksiller sutulrara ait Von Mises stres değerleri. ....	83
<b>Şekil 4.22</b> : Diş destekli, hibrit ve kemik destekli grupta uygulanan beş farklı tipte genişletme yönteminde pterigomaksiler fissür, medial pterigoi çıkıntı ve sfenoid kemiğin büyük kanadında görülen stres değerleri .....	84
<b>Şekil 4.23</b> : Diş destekli, hibrit ve kemik destekli grupta uygulanan beş farklı tipte genişletme yönteminde foramen infraorbitalede görülen stres değerleri .....	85
<b>Şekil 4.24</b> : Molar ve tüber bölgelerinde görülen stres değerleri .....	86
<b>Şekil 4.25</b> : Diş destekli grupta tip 1 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	89

<b>Şekil 4.26</b> : Diş destekli grupta tip 1 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	90
<b>Şekil 4.27</b> : Diş destekli grupta tip 1 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	90
<b>Şekil 4.28</b> : Diş destekli grupta tip 1 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları .....	90
<b>Şekil 4.29</b> : Diş destekli grupta tip 2 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	93
<b>Şekil 4.30</b> : Diş destekli grupta tip 2 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	94
<b>Şekil 4.31</b> : Diş destekli grupta tip 2 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	94
<b>Şekil 4.32</b> : Diş destekli grupta tip 2 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları .....	94
<b>Şekil 4.33</b> : Diş destekli grupta tip 3 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	97
<b>Şekil 4.34</b> : Diş destekli grupta tip 3 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	98
<b>Şekil 4.35</b> : Diş destekli grupta tip 3 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	98
<b>Şekil 4.36</b> : Diş destekli grupta tip 3 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları .....	99
<b>Şekil 4.37</b> : Diş destekli grupta tip 4 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	102
<b>Şekil 4.38</b> : Diş destekli grupta tip 4 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	102
<b>Şekil 4.39</b> : Diş destekli grupta tip 4 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	102
<b>Şekil 4.40</b> : Diş destekli grupta tip 4 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları .....	103
<b>Şekil 4.41</b> : Diş destekli grupta tip 5 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	106
<b>Şekil 4.42</b> : Diş destekli grupta tip 5 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	106
<b>Şekil 4.43</b> : Diş destekli grupta tip 5 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	106
<b>Şekil 4.44</b> : Diş destekli grupta tip 5 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları .....	107
<b>Şekil 4.45</b> : Hibrit grupta tip 1 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	110
<b>Şekil 4.46</b> : Hibrit grupta tip 1 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	110
<b>Şekil 4.47</b> : Hibrit grupta tip 1 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	111
<b>Şekil 4.48</b> : Hibrit grupta tip 1 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları .....	111
<b>Şekil 4.49</b> : Hibrit grupta tip 2 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	114

<b>Şekil 4.50</b> : Hibrit grupta tip 2 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları. ....	114
<b>Şekil 4.51</b> : Hibrit grupta tip 2 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları. ....	115
<b>Şekil 4.52</b> : Hibrit grupta tip 2 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları. ....	115
<b>Şekil 4.53</b> : Hibrit grupta tip 3 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları. ....	118
<b>Şekil 4.54</b> : Hibrit grupta tip 3 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları. ....	118
<b>Şekil 4.55</b> : Hibrit grupta tip 3 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları. ....	119
<b>Şekil 4.56</b> : Hibrit grupta tip 3 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları. ....	119
<b>Şekil 4.57</b> : Hibrit grupta tip 4 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları. ....	122
<b>Şekil 4.58</b> : Hibrit grupta tip 4 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları. ....	122
<b>Şekil 4.59</b> : Hibrit grupta tip 4 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları. ....	123
<b>Şekil 4.60</b> : Hibrit grupta tip 4 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları. ....	123
<b>Şekil 4.61</b> : Hibrit grupta tip 5 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları. ....	126
<b>Şekil 4.62</b> : Hibrit grupta tip 5 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları. ....	127
<b>Şekil 4.63</b> : Hibrit grupta tip 5 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları. ....	127
<b>Şekil 4.64</b> : Hibrit grupta tip 5 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları. ....	127
<b>Şekil 4.65</b> : Kemik destekli grupta tip 1 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları ....	130
<b>Şekil 4.66</b> : Kemik destekli grupta tip 1 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları ....	131
<b>Şekil 4.67</b> : Kemik destekli grupta tip 1 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları ....	131
<b>Şekil 4.68</b> : Kemik destekli grupta tip 1 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları. ....	132
<b>Şekil 4.69</b> : Kemik destekli grupta tip 2 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları. ....	135
<b>Şekil 4.70</b> : Kemik destekli grupta tip 2 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları. ....	135
<b>Şekil 4.71</b> : Kemik destekli grupta tip 2 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları. ....	135
<b>Şekil 4.72</b> : Kemik destekli grupta tip 2 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları. ....	136
<b>Şekil 4.73</b> : Kemik destekli grupta tip 3 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları ....	139

<b>Şekil 4.74</b> : Kemik destekli grupta tip 3 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	139
<b>Şekil 4.75</b> : Kemik destekli grupta tip 3 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	140
<b>Şekil 4.76</b> : Kemik destekli grupta tip 3 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları .....	140
<b>Şekil 4.77</b> : Kemik destekli grupta tip 4 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	143
<b>Şekil 4.78</b> : Kemik destekli grupta tip 4 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	143
<b>Şekil 4.79</b> : Kemik destekli grupta tip 4 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	144
<b>Şekil 4.80</b> : Kemik destekli grupta tip 4 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları .....	144
<b>Şekil 4.81</b> : Kemik destekli grupta tip 5 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	147
<b>Şekil 4.82</b> : Kemik destekli grupta tip 5 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	147
<b>Şekil 4.83</b> : Kemik destekli grupta tip 5 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları .....	148
<b>Şekil 4.84</b> : Kemik destekli grupta tip 5 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları .....	148
<b>Şekil 4.85</b> : A Premolar ve molar bölgeye ait toplam yer değiştirme miktarı. İçi dolu şekiller premolar bölgeyi ve içi boş şekiller molar alanı, B ise ANS ve PNS noktalarının toplam yer değiştirme miktarı. İçi dolu şekiller ANS noktasını temsil eder ve içi boş şekiller PNS noktalarını temsil etmektedir. Her grup farklı bir geometric şekil ile temsil edilir. Kare şekil diş destekli grubu, yuvarlak şekil hibrit grubu ve üçgen şekil kemik destekli grubu temsil etmektedir .....	149
<b>Şekil 4.86</b> : Kesici kenar, birinci premoların palatinal tüberkülü ve birinci moların palatinal tüberkülü için yer değiştirme miktarı. A Toplam yer değiştirme miktarı, B Bukkolingual yöndeki yer değiştirmeler, C Anteroposterior yöndeki yer değiştirmeler, D Superoinferior yöndeki yer değiştirmeler. Her grup farklı bir geometric şekil ile temsil edilir. Kare şekil diş destekli grubu, yuvarlak şekil hibrit grubu ve üçgen şekil kemik destekli grubu temsil etmektedir. İçi dolu şekiller kesici kenarı, içi boş şekiller 1. premolar dişin palatinal tüberkülünü ve kesikli şekiller 1. molar dişin palatinal tüberkülünü temsil etmektedir .....	150
<b>Şekil 5.1</b> : Palatinal koordinat düzlemi. Yatay çizgilerdeki değerler insiziv foremeden uzaklığı, kırmızı çizgi median palatal süturu, dikey çizgilerdeki değerler median palatal süturdan uzaklığı, yeşil çizgi vida yapılabilecek en ön sınırı, pembe ok ise yeşil çizginin insiziv foramene olan uzaklığını göstermektedir [302].....	159

## ÖZET

### **HIZLI MAKSİLER EKSPANSİYON PROTOKOLÜNDE FARKLI CERRAHİ TEKNİKLERİN KRANİOFASİAL YAPILAR ÜZERİNE ETKİLERİNİN SONLU ELEMANLAR ANALİZİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

Maksiller transversal yetmezlik olan hastalarda hızlı üst çene genişletmesi fonksiyon, stabilite ve estetik açıdan önem taşımaktadır. Üst çene genişletilmesinde farklı genişletme apareyleri ve ankraj protokolleri uygulanmaktadır. Genç erişkin hastalarda diş destekli, hem diş hem kemik destekli (hibrit) ve kemik destekli aparey tasarımları ile birlikte Lefort-I osteotomi hattı, kortikopuncture uygulaması gibi çeşitli cerrahi yöntemlerin birlikte uygulanması birçok maloklüzyonun tedavisinde kullanılmaktadır. Kortikopuncture destekli üst çene genişletmesi gelişmekte olan bir yöntem olup bununla ilgili sınırlı sayıda klinik çalışma bulunmaktadır.

Sonlu elemanlar analizi verilerin bilgisayar ortamına girilmesi ile gerçeğe yakın sonuçlar alınması ve invazif olmaması gibi avantajları nedeniyle diş hekimliğinde ve ortodonti alanında sıklıkla kullanılmaktadır. Çalışmamızın amacı sonlu elemanlar analiz yöntemi ile genç erişkin hastalarda farklı genişletme apareyleri ve genişletme yöntemlerinin uygulanması sonucunda dişler ve çevre kraniofasial yapılarıdaki stres dağılımı ve yer değiştirme miktarlarını inceleyerek optimum genişletme yöntemini belirlemektir.

Çalışmamızda genç erişkin bir hastada diş destekli , hibrit ve kemik destekli aparey tasarımlarında 5 farklı tipte genişletme yöntemlerinin uygulanması sonucunda oluşan etkiler incelenmiştir. Bu gruplar (1) McNamara tipi akrilik cap splintli hızlı maksiller genişletme apareyi (RME), (2) Diş ve kemik destekli RME, (3) Kemik destekli RME olarak sınıflandırılmıştır. Genişletme tipleri ise (Tip 1) Geleneksel genişletme yöntemi, (Tip 2) Midpalatal sütür kortikopuncture destekli genişletme, (Tip 3) Lefort-I osteotomi hattında kortikopuncture destekli genişletme, (Tip4) Pterigomaksiller bileşkenin ayrılmadığı cerrahi destekli hızlı üst çene genişletmesi (SARME), (Tip 5) Pterigomaksiller bileşkenin ayrıldığı SARME olarak sınıflandırılmıştır. Tüm gruplarda günde 2 çeyrek tur aktivasyon ile 10 mm'lik üst çene genişletilmesi incelenmiştir.

Çalışmamızın bulgularında bütün gruplar içerisinde en fazla stres ve yer değiştirme miktarı sırasıyla kemik destekli, diş destekli ve hibrit grup olmuştur. Tip 4 ve tip 5 genişletme yöntemlerinin uygulanması bütün gruplarda oluşan hareket miktarını arttırmıştır. Kortikopuncture uygulaması sadece kemik destekli grupta etkili bir yöntem olduğu gözlenmiştir.

SARME kesileri dişler üzerinde biriken stres miktarını azaltmada etkili bulundu ancak kortikopuncture uygulaması diş yüzeylerinde biriken stres değerini ve diş destekli genişletme aygıt tasarımlarında transversal yönde yer değiştirme miktarını etkilemedi. SARME ve kortikotomi gibi cerrahi prosedürler, maksiller genişletme prosedürlerinin sonuçlarını iyileştirmek için kemik destekli apareyler ile birlikte kullanılmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** kortikopuncture, genişletme, pterigomaksiller bileşke

## **SUMMARY**

### **COMPARISON OF THE EFFECTS OF DIFFERENT SURGICAL TECHNIQUES ON RAPID MAXILLARY EXPANSION PROTOCOL ON CRANIOFACIAL STRUCTURES WITH FINITE ELEMENT ANALYSIS**

Rapid maxillary expansion is critical for function, stability, and aesthetics in patients with maxillary transverse deficiency. Various expansion appliances and anchorage protocols are used in maxillary expansion. In young adult patients, different orthopedic and surgical methods such as tooth-borne, hybrid (tooth-bone supported), bone-borne appliances, and surgical approaches including the Lefor-I osteotomy line and corticopuncture are used in the treatment of many malocclusions. Corticopuncture-assisted rapid maxillary expansion is a developing method, but there are limited clinical studies on this topic.

Finite element analysis is frequently used in dentistry and orthodontics because it provides realistic results without invasiveness. The aim of our study is to determine the optimal expansion method by examining the stress distribution and displacement amounts in teeth and surrounding craniofacial structures as a result of applying different expansion appliances and methods in young adult patients using the finite element analysis method.

The effects of five different types of expansion methods were examined in a young adult patient using tooth-borne, hybrid, and bone-borne appliance designs. These groups were classified as (1) McNamara-type acrylic cap splint Rapid Maxillary Expansion (RME) (2) Tooth and Bone Supported RME, and (3) Bone-borne RME. The expansion types were classified as (Type 1) Traditional RME, (Type 2) Midpalatal suture corticopuncture-assisted RME, (Type 3) Lefort-1 osteotomy line corticopuncture-assisted RME, (Type 4) Surgically assisted Rapid Maxillary Expansion (SARME) without pterygomaxillary disjunction separation, and (Type 5) SARME with pterygomaxillary disjunction separation. All groups were subjected to 10 mm of maxillary expansion with 2 quarter-turn activations per day.

The findings of our study showed that the highest stress and displacement amounts were observed in bone-borne, tooth-borne, and hybrid groups, respectively. Application of Type 4 and Type 5 expansion methods increased the amount of movement in all groups. Corticopuncture was found to be an effective method only in the bone-borne group.

SARME cuts were effective in reducing stress on the teeth, but the cortico-puncture application affected neither the stress values on the teeth nor the transverse displacement in the tooth-borne expanders. Surgical procedures such as SARME and corticotomy should be used with bone-borne devices to improve the outcomes of maxillary expansion procedures.

**Keywords:** Cortico-puncture, expansion, pterygomaxillary junction separation

## 1.GİRİŞ

Maksilla ve mandibula arasındaki transversal uyum fonksiyonel ve stabil bir oklüzyonun sağlanabilmesi açısından oldukça gereklidir [1]. Bu tür maloklüzyonların tedavisinde, maksiller dişsel ve bazal yapıların ortodontik ve/veya ortopedik olarak düzeltilmesine olanak sağlayan çeşitli yöntemler vardır [2]. Hızlı üst çene genişletme yönteminde geleneksel, minivida destekli, cerrahi destekli ve literatürde yeni tanımlanan kortiko-puncture veya mikro-osteoperforasyon destekli hızlı üst çene genişletme yöntemleri klinik pratiğinde sıklıkla kullanılmaktadır [3-5]. Literatürde genç erişkin hastalarda maksiller ekspansiyon için genişletme tekniğinin nasıl olması gerektiği konusunda henüz net bir fikir birliği yoktur. Transvers maksiller yetersizliklerin tedavisinde hastanın yaşına uygun tedavi seçilmesinde kesin rehber kurallar konulmamıştır. Özellikle genç erişkin hastalarda optimal sonuçlara ulaşmak için hangi aparey tipinin ve cerrahi tekniğin seçilmesi gerektiği konusu tartışmalıdır. Doğru endikasyonda genişletme yöntemi uygulanmadığı takdirde dişlerde ve çevre kraniofasiyal yapılarda çeşitli yan etkiler görülmekte ve tedavi sürecini olumsuz yönde etkilemektedir.

Canlı dokular ve organların, kuvvetler karşısında nasıl bir davranış sergilediğini tespit etmek, gerilme analizi yapmak çok güç, maliyeti yüksek, riskli ve bazen de imkansızdır. Bu nedenle stres analiz çalışmalarının bireyin bir modeli üzerinde yapılması gerekmektedir. Bir cismin üzerine gelen kuvvetlerin yoğunlaştığı bölgelerin görülmesi ve çevre yapılara nasıl bir etki oluşturduğunu tespit etmek amacıyla sonlu elemanlar analizi yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Sonlu elemanlar analizi ile

dokuların kuvvet altında verdikleri cevabın kantitatif değerlendirilmesi ve görselleştirilmesi ile klinik öngörü sağlanmaktadır [6, 7].

Literatürde farklı aparey tasarımlarında farklı cerrahi tekniklerin karşılaştırıldığı sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Çalışmamızda kullandığımız tüm yöntemleri karşılaştırmalı inceleyen ve ayrıca kortiko-puncture destekli hızlı maksiller genişletmeyi sonlu elemanlar analizi ile inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır. Bu doktora tez çalışmasının amacı sonlu elemanlar analizi ile kemik destekli, diş destekli ve hem kemik hem de diş destekli (hibrit) apareylerde 5 farklı genişletme yönteminin uygulanması sonucunda dişlerde ve evre kraniofasial yapılardaki biriken stres miktarı ve yer değiştirme miktarını belirleyerek optimum genişletme yöntemini belirlemektir.



## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Maksiler Gelişim

Maksillanın büyüme ve gelişimi prenatal ve postnatal dönem olmak üzere iki farklı döneme ayrılmaktadır. Maksilla postnatal dönemde intramembranöz kemikleşme ile oluşmaktadır. Kıkırdakla yer değiştirme olmamasından dolayı bu büyüme şekli iki şekilde olmaktadır ; maksillayı kraniyum ve kraniyal kaideye bağlayan süturalardaki kemik apozisyonu ve kemik yüzeylerindeki remodelling faaliyetleri. Yüzün büyüme modeli "kraniyumun altından dışarıya" büyümesi yani maksillanın kraniyum ve kraniyal kaideye göre aşağı ve ileri yönlü hareket ederek büyümesi olarak ifade edilmektedir. Bu büyüme modeli iki şekilde sağlanır:

- Yaklaşık 6 yaşına kadar maksillanın ileri yönde büyümesinde etkili olan kraniyal kaidenin uzaması ile maksillanın öne doğru büyümesi

- Yaklaşık 7 yaşından sonra maksillanın öne doğru büyümesinde etkili olan tüberlerde ve palatin kemik bölgesinde meydana gelen sütural apozisyonlar.

Maksillanın vertikal gelişiminde göz duvarlarında meydana gelen apozisyonlar, nasal kavitede meydana gelen resorptif değişiklikler ve sert damakta meydana gelen apozisyonel faaliyetler etkili olmaktadır [8, 9] . Kraniyuma göre tüm kemiksel nazomaksiller kompleks aşağı ve ileri yönde hareket ederek uzayda yer değiştirir [10]. Sonuç olarak üst çene aşağı ve öne doğru hareket etmektedir [9].

Maksillanın transversal gelişiminde median palatin süturun büyük rolü bulunmaktadır. Latham ve ark. [10] yaptığı çalışmada maksillanın transversal gelişiminin 3 yaşında bittiğini rapor etmişlerdir. İlerleyen yıllarda yapılan çalışmalarda araştırmacılar median palatin süturun büyüme gelişim bitene kadar diğer fasiyal süturlar gibi aktif olduğunu belirtmişlerdir [8, 9, 11, 12].

## 2.2. Maksiler Darlık

### 2.2.1. Maksiler darlık tanımı ve görülme sıklığı

Maksilla ve mandibula arasındaki transversal uyum fonksiyonel ve stabil bir oklüzyonun sağlanabilmesi açısından oldukça gereklidir [13]. Normal ve dengeli bir oklüzyonda üst çene alt çeneyi bir kutu kapağı gibi örtmektedir. Alt ve üst çene arasında anterior bölgede doğru overjet ve overbite ilişkisi ile birlikte posterior da üst dişlerin palatinal tüberküllerinin alt dişlerin santral fossalarına oturmuş olması gerekmektedir [14]. Moyers posterior çapraz kapanışı dişlerin anormal bukkolingual (labiolingual) yöndeki ilişkisi, Marshall ise üst çene posterior dişlerin bukkal tüberküllerinin karşıt alt çene dişlerinin lingual tüberkülleriyle teması olarak tanımlamıştır [15, 16]. Posterior çapraz kapanış, dişler oklüzyonda iken alt veya üst dişlerin transversal yöndeki anormal ilişkisi olarak tarif edilmiştir [15, 17]. Bu oklüzal uyumsuzluk genellikle üst çenenin alt çeneye göre yetersiz genişlikte olmasından kaynaklanmaktadır [18]. Sıklıkla tek taraflı veya çift taraflı, tam veya kısmi olabilen posterior çapraz kapanış ile karakterizedir. Eş zamanlı mandibular ark daralması olan vakalarda direk çapraz kapanıştan söz edilmeyebilir. Ayrıca aşırı vertikal alveoler büyüme, çapraşıklık, servikal bölgelerden ölçülen intermolar mesafe 31 mm'den az olan derin-dar damak ve geniş karanlık bukkal koridorlar gibi problemler mevcut olabilir [19].

Süt ve karışık dişlenme döneminde görülen posterior çapraz kapanışı büyük oranda tek taraflı posterior çapraz kapanış ve fonksiyonel posterior çapraz kapanışlar oluşturur. Görülme sıklığı %2,7 ile %23,3 arasında değişen oranlar bildirilmiştir [16, 20-24]. Tek taraflı çapraz kapanış vakalarının çoğunluğunun fonksiyonel olduğunu ve ortalama %80 oranında görüldüğü bildirilmiştir [23]. Başka bir çalışmada sağ ve sol taraflı çapraz kapanışlı bireylerin eşit sayıda oldukları tespit edilmiştir [25]. İzmir bölgesinde yapılan bir çalışmada çocuklarda görülen posterior çapraz kapanış insidansı %2,7 oranında görülmüştür [26]. Konya bölgesinde yapılan başka bir çalışmada ise %9,5'lik bir oran tespit edilmiştir [27]. Yaş aralığı 12 ile 17 arasında olan 2329 Türk çocukta çapraz kapanış sıklığı %9,7 olarak bildirilmiştir [28]. Ayrıcabeyaz ırkta, siyak ırktan [21, 24] ve kızlarda erkeklerden daha sık rastlanmaktadır [21,

29]. Ancak başka bir çalışmada da kızlarla erkekler arasında fark bulunamamıştır [24]. Helm ve ark. [30] Danimarkalı adölesan dönemdeki çocuklarda yaptıkları bir çalışmada kızlar ve erkekler arasında farklı oranlarda posterior çapraz kapanış görülmüştür. Kızlarda % 14,1 olarak görülen oran erkeklerde %9,4 olarak belirlenmiştir [30].

### **2.2.2. Etiyoloji ve sınıflandırma**

Posterior çapraz kapanış iskeletsel yapı, dişsel yapı, nöromuskuler sistem ve yumuşak dokuların etkisinin olduğu multifaktöriyel bir maloklüzyon türüdür [31]. Posterior çapraz kapanış Moyers tarafından iskeletsel, kassal ve dental olarak etiyolojik orjinine göre 3'e ayrılmıştır [15]. Dean ve ark. ise iskeletsel, fonksiyonel ve dişsel çapraz kapanışlar olarak üç sınıfa ayırmıştır [32].

Posterior çapraz kapanışın etiyolojisi farklı başlıklar altında incelenecektir;

1. Genetik faktörler
2. Çevresel faktörler
3. Genetik ve çevresel faktörlerin kombinasyonundan oluşmaktadır.

#### **2.2.2.1. Genetik faktörler**

Genetik faktörler hücresel seviyeden osteogenezis mekanizması ile direkt olarak veya kas morfolojik yapısı ile indirekt olarak etkisini göstermektedir. Buna bağlı ortaya çıkan bazı kalıtsal hastalıklar sonucunda transversal darlık oluşabilmektedir [15]. Maksiller gelişimde oluşabilecek herhangi bir gelişim geriliğinden sorumlu ana etken kalıttır. Battikki ve ark. 2001 yılında yapmış oldukları çalışmada genetik faktörlerin; dar üst çene ve/veya geniş alt çene gelişimi ve dudak damak yarıklı hastalarda görülen yetersiz üst çene gelişiminde etkili olduğunu rapor etmiştir [33]. Cassidy ve ark. genetiğin dental ark formu üzerindeki etkisinin araştırdıkları bir

çalışmada genetiğin en fazla ark genişliği üzerinde etkili olduğunu ve en yüksek kalıtım oranının yaklaşık %60 olduğunu rapor etmişlerdir [34].

Maksiler darlık Apert, Crouzon, Binder, Akondroplazi, Carpenter, Marfan, Down's Sendromu, Hemifasiyal Microsomia, Treacher-Collins gibi sendromlar ya da dudak damak yarığı gibi gelişim bozuklukları sonucu oluşabilir [35-39].

Homojen ırk gruplarında maloklüzyon görülme oranı düşük bulunmuşken, farklı ırksal özelliklerin artması ile doğru orantılı olarak çenesel ilişki bozuklukları ve okluzal uyumsuzlukların oranı artmaktadır. Motro ve ark. 2011 yılında yapmış oldukları tez çalışmasında uzun yüz özelliğine sahip olan ailelerde üst çene darlığının daha sık ortaya çıktığını rapor etmiştir [40]. Bu durumun nedeni uzun yüz profiline sahip bireylerde fonksiyonel kas bağlantıları ve hareketleri gibi çevresel faktörlerin de etkisiyle daralmış bir üst çene dış kavsi, derin damak kubbesi ve bunların doğal sonucu olarak posterior çapraz kapanış ortaya çıkması ile anlatılabilir [14, 18, 41-43].

#### **2.2.2.2. Çevresel faktörler**

Üst çenede darlığının oluşumuna etki eden çevresel faktörler;

1. Kötü ağız hijyeni
2. Erken süt dişi kaybı ve persistansı
3. Çapraşıklık ve ark boyu yetersizliği
4. Travmatik veya iatrojenik (yarık damak ameliyatı) sebepler,
5. Üst solunum yollarında alerjiye bağlı olarak gelişen tıkanıklık [44]
6. Ağız solunumu [45-47]
7. Adenoid dokularda hipertrofi, baş parmak emme [45, 47]

8. Alışkanlıklar emme alışkanlıkları, dil itimi, dudak ısırma, tırnak yeme, kalem ısırma, yüz üstü uyuma, taklit etme ve ellerini çenesine dayayarak ders çalışma [14, 15, 42, 48-50]
9. Atipik dil basıncı[24, 44]
10. Temporomandibular eklemdaki fonksiyon bozuklukları veya ankiloz,
11. Kulak burun boğaz problemleri
12. Kötü beslenme şeklinde sıralanabilir. [15, 16, 24, 41, 42, 51]

### ***Alışkanlıklar***

Çocukluk periyodunda zararlı emme alışkanlıkları çene gelişimini olumsuz etkileyerek çapraz kapanışa sebep olabilmektedir [52]. Maksiller ark üzerinde emme alışkanlıklarının daraltıcı etkisini, emme fonksiyonunun gün içerisinde ne kadar sıklıkla tekrarlandığı ve ne kadar süre devamlılık gösterdiği belirlemektedir [49, 53]. Çeşitli emme alışkanlıkları (parmak, emzik gibi) ağızdaki kassal yapılar arasındaki dengeyi bozarak çapraz kapanışa neden olmaktadır. Bu etki mekanizması sırasıyla şu şekilde olmaktadır ;

1. Emme işlemi sırasında dil normal konumundan yani damaktan uzaklaşarak daha aşağıda ve önde konumlanır.
2. Aşağıda ve önde konumlanan dil alt çenede posterior dişler üzerindeki basıncı artar, alt çene genişler.
3. Aşağıda konumlanan dil üst posterior dişleri palatinalden destekleyemez. Emme kuvvetinin etkisiyle çalışan yanak kaslarının üst çene posterior dişleri üzerindeki basıncı artar.
4. Ağız tabanında oturan dilin basıncı alt posterior dişleri ve yanak basıncı üst posterior dişler üzerindeki artan aktivitesi ile nötral denge bozulur. Bunun

sonucunda çeneler arasında transversal uyumsuzluk ortaya çıkmaktadır [14, 42, 48, 50].

Literatürde 2 yaşından sonra devam eden emme alışkanlıklarının maksillaya olan zararlı etkilerini gösteren birçok çalışma bulunmaktadır [54, 55]. Larsson ve ark. 2001 yılında yapmış oldukları bir çalışmada doğumdan 3 yaşına kadar olan yaş aralığındaki emzik emen kız çocuklarda %26 oranında çapraz kapanış görüldüğü rapor edilmiştir [49]. Warren ve ark. 4 yaşına kadar zararlı emme alışkanlıklarını sürdüren çocuklarda dental arkta meydana gelen değişimleri rapor ettikleri çalışmalarında zararlı alışkanlıkların süresi arttıkça maksiller darlık oranı, anterior açık kapanış ve posterior çapraz kapanış ve overjet miktarının (>4) arttığını bildirmişlerdir [53].

Aznar ve ark. emzik kullanımı, emzik tipi ve biberon kullanımının dental ark genişliğine etkisini incelediği çalışmalarında yuvarlak başlıklı emzik kullananlarda daha dar interkanin genişlik, biberon kullananlarda daha dar maksiller intermolar genişlik ve emzik kullananlarda daha dar maksiller interkanin ve intermolar genişlik olduğunu rapor etmişlerdir [56].

Cozza ve ark. hiperdiverjan bireylerde uzun süre parmak emme alışkanlığı sonucunda maksiller intermolar ve interkanin genişliğinde daralma ile posterior çapraz kapanış görülme sıklığında artış olduğu belirtilmiştir [57]. Lindner ve ark. interkanin bölgede emzik kullanımının parmak emmeden daha daraltıcı etkisi olduğunu ve emmenin şiddeti ve süresi arttıkça maloklüzyonun şiddetinin de arttığını bildirmişlerdir [45]. Literatürde yapılan çalışmalarda anne sütü emmenin posterior çapraz kapanış ve anterior açık kapanışa karşı koruyucu etkisi olduğu rapor edilmiştir [58, 59].

Higley ve ark. çocukluk döneminde yüz üstü yatma sonucunda oluşan postural kuvvetlerin maksillanın dentoalveoler yapılarında daralmalara neden olduğunu bildirmiştir [60].

### ***Solunum ile ilgili problemler***

Normal solunum mekanizmasındaki yetersizlikler kapanış problemleri ile birlikte yüz büyüme ve gelişimi üzerinde de etkili olduğu bildirilmiştir [14, 61, 62]. Normal ve sağlıklı bir solunum mekanizmasında nefes sadece burundan alınıp verilir. Burun solunumu kronik inflamasyon, nazal septum deviasyonu, büyümüş tonsil ve adenoidler, burun tıkanıklığı ve nazal alerji gibi etkenler burundan nefes alıp vermeyi zorlaştırmaktadır [14, 15, 42]. Birey burundan solunum yapamadığı zaman ağızdan nefes alıp verebilmesi için ağız açıktır ve dil ile hyoid kemik aşağıda konumlanır. Ağız solunumu nefes alıp-verme problemini çözebilmek için vücut tarafından üretilmiş fizyolojik olmayan patolojik bir çözüm yoludur. Bu duruma bağlı olarak dentisyonda değişimler olabilmektedir [63].

Harvold ve ark. rhesus maymunları üzerinde yaptıkları deneysel bir çalışmada maymunların nazal havayolunu tıkayarak sadece ağızdan solunum yapmalarını sağlamışlardır. Çalışma sonucunda dilin daha aşağıda konumlandığını, mandibulanın rotasyona uğradığını ve ağız içi kas dengesi buksinatör kas lehine bozularak maksillanın transversal yönde gelişiminin daha az olduğunu bildirmişlerdir. Kas dengesinin bozulması sonucu posterior çapraz kapanış oluşabilmektedir. Büyümüş tonsil ve adenoidler sonucunda da dil daha altta ve önde konumlanmaktadır [64].

Behlfelt ve arkadaşları, büyümüş tonsillerin orofarinks tıkanması sonucu açık ağız postürünün gelişebileceğini ve buna bağlı olarak da dil ile hyoid kemiğin aşağıda konumlanmasıyla dentisyonda değişimler meydana gelebileceğini belirtmişlerdir [44]. Ayrıca boyun ve kafa bölgesindeki yapılarda, solunum şeklinin değişiminden etkilenen çene ilişkilerinde ise postural adaptasyonlar meydana gelmektedir [14, 65].

Hava yolu tıkanıklığının kraniofasial ve dental yapılara olan etkilerinin incelendiği bir çalışmada hava yolu tıkanıklığı olan 4 yaşındaki çocukların daha dar maksilla, daha derin palatal kubbe ve daha kısa alt dental arka sahip olduklarını rapor etmişlerdir[66].

Büyüme ve gelişim döneminde nazal yetmezliğe bağlı ağız solunumu yapan bireylerde, “adenoid tip” olarak adlandırılan uzun yüz yapısı meydana gelmektedir. Bu durumun karakteristik özellikleri; uzun ve dar yüz yapısı, kısa ve zayıf üst dudak, dar ve derin damak, “V” şeklini almış üst ark, küçük burun delikleri, kuvvetli

buksinatör kas yapısı, zayıf ağız çevresi kasları ve sürekli açık bir ağız postürü şeklinde sıralanabilmektedir [66, 67].

Obstruktif uyku apnesinden dolayı tonsilleri alınan çocuklarda, operasyondan 2 yıl sonra %77 oranında ön açık kapanışın normale döndüğünü ve %50- 65 oranında da bukkal ve anterior çapraz kapanışın düzeldiğini belirtmişlerdir. En iyi sonuncun 6 yaşından küçük bireylerde yapılan ameliyat sonrası görüldüğü bildirilmiştir [68].

### ***Diğer çevresel faktörler***

Posterior çapraz kapanışa neden olan diğer çevresel faktörleri; kötü ağız hijyeni, süt dişi erken kaybı , persiste süt dişleri, çapraşıklık gibi nedenlerden dolayı dişsel, iskeletsel veya fonksiyonel çapraz kapanışlar oluşabilmektedir [69-71]. Clinch (1966), diş anatomisi ve sürme yolundaki sapmaların çapraz kapanış gelişimine neden olabileceğini bildirmiştir [72]. Uzun süre ağızda kalan süt dişleri alttan gelen daimi dişin bukkalde ya da lingualde sürmesine ve ikinci süt azı dişin erken kaybı sonucu üst birinci azı dişin mesial hareketi, ikinci küçük azı dişin palatinalde sürmesine neden olabilir [70]. Fonksiyonel yan çapraz kapanışların bir diğer nedeni süt kanin dişleri olabilir, bu dişlerdeki primer kontaklar nedeniyle ağız kapanırken çene bir tarafa doğru kayar ve asimetri oluşabilmektedir [69, 71].

Temporomadibular eklemin patolojik bir durumdan etkilenmesi veya travma sonucunda alt çenenin büyüme ve gelişiminin bir tarafta sınırlandırılması sonucunda asimetri oluşabilir [70]. Kılıç ve ark. tek taraflı çapraz kapanışı olan hastalarda çapraz kapanışın olduğu tarafta kondillerin karşı tarafa göre daha kısa olduğunu bildirmiştir [22].

### **2.2.3. Teşhis**

Ortodontide tedavinin başarısı tedavi planının doğru yapılmasına bağlıdır. Maloklüzyonun nedeni belirlenmeli ve teşhis konulduktan sonra uygun tedavi planlaması ile doğru tanı ve tedavi planlaması stabilite açısından oldukça gereklidir. Transverse maksiller yetmezliğin teşhisi genellikle vertikal ve sagittal problemlere göre daha zordur çünkü bu duruma minimal yumuşak doku değişiklikleri eşlik

etmektedir [73]. Doğru değerlendirme, klinik değerlendirmeler, model analizi, radyografik ölçümler ve oklüzogramlar kullanılarak yapılmaktadır [74].

### **2.2.3.1. Klinik değerlendirmeler**

Klinik değerlendirmeler 2 aşamadan oluşmaktadır; Ekstraoral muayene ve intraoral muayene.

Ekstraoral muayenede hasta frontal açıdan incelenerek tanı konulmaya çalışılır. Ekstraoral muayenede dikkat edilmesi gereken noktalar şu şekildedir;

1. Çene ucu simetrisinin kontrolü ; Çene ucunda asimetri tespit edildiğinde etiolojisini tespit etmek tedavi yöntemi açısından oldukça önemlidir [16, 75].
2. Higly'nin geliştirdiği yöntem ile hasta ağzını açarken alt ve üst dişlerin orta hatlarını değerlendirerek asimetrinin fonksiyonel mi yoksa iskeletsel mi olduğunu tespit edebilmektedir. Hastanın ağzı kapalı iken orta hatlar çakışmıyor ancak ağız açıldığı zaman çakışıyor ise; fonksiyonel kaymalar, dişlerdeki primer kontaklar veya temporomandibuler eklemden sorunlar nedeniyle olabileceği akla gelmelidir [24, 47, 60].

Lateral yöndeki kaymalar transversal ve sagittal yönde rehberliği olmayan oklüzal splintler ile oral kasların fonksiyonunun revize edilmesi ve oklüzyonun geçici disartikülasyonu ile çene ucu kaymasının nedeninin iskeletsel mi yoksa fonksiyonel mi olduğu anlaşılabilir. Splint, oklüzal erken temasların etkisini ortadan kaldırarak alt çenenin serbestçe hareket ettirilmesine izin verir. Oklüzal splint ile yapılan tedavi sonucunda alt çene serbest olarak kapanır ve çene hareketlerindeki kayma düzelse; bu düzelme, çapraz kapanışın fonksiyonel olduğunu kanıtlamaktadır [41]. Lateral yöndeki kayma hala görülmeye devam ederse bu durum iskeletsel asimetrinin var olduğunu göstermektedir [16].

1. Baskın olan solunum şekli ( ağız veya burun) [14]
2. Daralmış burun delikleri
3. Alar tabanın daralması [76]

4. Derinleşmiş nazolabial kıvrımlar [76]



5. Hipoplastik zigoma [76]
6. Gülümserken bukkal koridorların genişliği ; Karanlık üçgenler, dişlerde tork problemi ya da üst çenenin transversal boyut uyumsuzluğu sonucu oluşabilmektedir [77, 78].

İntraoral muayenede ;

1. Maksiller ve mandibular arkın şekli ve simetrisi,
2. Palatal kubbe derinliği ve genişliği
3. Dişlerdeki çapraşıklık,
4. Tek veya çift taraflı çapraz kapanış
5. Oklüzyon [4]
6. Üst posterior dişlerin bukkal kron torku
7. Alt posterior dişlerin lingual kron torku
8. Spee eğrisinin derinliği [77]
9. Kum saati veya V şeklinde maksiller ark formu gibi bulgular değerlendirilmelidir [76].

Teşhiste sagittal boyut uyumsuzluklarının da değerlendirilmesi gerekmektedir; çünkü çeneler arası sagittal boyut ilişkileri değiştiğinde genellikle transversal boyut ilişkileri de değişmektedir [39, 79].

### **2.2.3.2. Model analizi**

Hastadan elde edilen modeller üst çene darlığını belirlemek amacıyla kullanılan önemli araçlardan biridir. Bu modeller ile ark formu, ark şekli, dişlerin torkları-ekseneğimleri ve apikal kemik kaidesinin yetersizliği, gerçek bir üst çene darlığı mı yoksa göreceli bir darlık mı olduğu kolayca anlaşılmaktadır. Bazı hastalarda alt çenenin aşırı büyümesine bağlı üst çenede darlık görülebilmektedir [4, 14, 41, 80, 81]. Model analizi ile üst posterior dişlerin torklarının da değerlendirilmesi çapraz kapanışın dişsel mi

iskeletsel mi olduğu teŖhisi hakkında yardımcı olmaktadır [4]. Dental kompenzasyon



gelişen vakalarda posterior dişlerin bukkale devrilmesiyle üst çene darlığı kamufle olmaktadır böylece posteriorda normal bir oklüzyon varmış gibi görünebilir. Bu durum sıklıkla Sınıf III maloklüzyonlu vakalarda görülmektedir. Bu tip vakalarda üst çenenin daha dar ve Wilson eğrisinin de daha abartılı olduğu tespit edilmiştir [82].

Haas üst çene darlığını, gerçek üst çene darlığı ve göreceli üst çene darlığı olmak üzere ikiye ayırmıştır [83]. Gerçek üst çene darlığını, üst çenenin bukkal diş segmentleri ile birlikte daralmış olması olarak tarif etmiştir. Göreceli üst çene darlığını ise, üst ve alt çenelerin üst yüz yapıları ile karşılaştırıldığında üst çenenin normal boyutta olmasına karşın alt çenenin büyük olması olarak tanımlamıştır [83].Göreceli üst çene darlığı ise çeneler arasındaki sagittal uyumsuzluktan ve üst ve alt çenelerin üst yüz yapıları ile karşılaştırıldığında üst çenenin normal boyutta olmasına karşın alt çenenin büyük olmasından kaynaklanırken; gerçek üst çene darlığında transversal genişliktegerçekten bir yetersizlikten bahsedilmektedir [4, 81, 83].

Modelleri değerlendirebilmek için çeşitli analizler bulunmaktadır. Howes, Pont, Linder-Harth ve Korkhaus gibi analizler genişletme ihtiyacını değerlendirmek için kullanılabilir. Bu tür indeksler tanı koymada yardımcı olurken, belli bir popülasyonda yapılması bunlara yeterince güvenilemeyeceğini göstermektedir [84].

Howes Model Analizi ile dişler ile apikal kemik kaidesi arasındaki optimal ilişkiler kantitatif olarak değerlendirilir, 4'ü milimetrik, 3'ü oransal değer olmak üzere toplam 7 ölçüm ile apikal kemik kaidesinin yetersizliğini belirlemede en sık kullanılan yöntem olarak tanımlanmaktadır [14, 85, 86]. Bu analiz yönteminde, alt 1. büyükazı dişlerin bukkal oluklarının en geniş noktaları ile üst 1. büyükazı dişlerin mesiobukkal tüberkülleri arasındaki mesafenin uyumu değerlendirilmektedir. Üst ve alt çene modelleri üzerinde yapılan ölçümler arasındaki fark, tedavi sonundaki genişletme miktarı konusunda fikir vermektedir [87].

American Board of Orthodontics (ABO) ölçüm cetveli ile molarların bukkolingual eğimleri hakkında bilgi vermektedir. Bu ölçüm cetveli sol ve sağ birinci molar dişlere yerleştirilir ve transverse oklüzal düzlem tanımlanır. Araştırılmakta olan molar dişi söz konusu düzleme dik bir transversal aksenal eğime sahipse, ölçüm cetveli hem bukkal hem de lingual cusp tepelerine temas etmelidir. Bu dikey eğimdeki yer değiştirme,

lingual veya bukkal tüberküllerin transvers oklüzal düzlemden yer değiştirdiğini gösterecektir. ABO göstergesi, 1 mm artımlı tahminlere izin verir. Ortalama genişlikte molar dişlerin bukkal ve lingual cusp tepeleri arasında 5-6 mm mesafeye sahiptir. Bu nedenle, transverse oklüzal düzlemden 1 mm'lik bir yer değiştirme, bukkolingual eğimin yaklaşık 10°'sine tekabül etmektedir. Mandibular azı dişlerinin bukkolingual eğimi de bu yöntem kullanılarak değerlendirilebilir [16].

Günümüzde alçı modeller, teknolojinin ilerlemesi ile birlikte yerini dijital modellere bırakmaya başlamıştır [88]. Dijital modellerin istenilen düzeylerde kesit alınmasına olanak tanınması dişlerin eksen eğimlerini daha ayrıntılı inceleme fırsatı ve güvenilirliği yüksek ölçümler oluşmasını sağlamaktadır [4].

### **2.2.3.3. Radyografik yöntem**

Gerçek iskeletsel maksiller darlığın derecesi ve hızlı üst çene genişletmesinin transversal yöndeki etkilerini inceleyebilmek için radyografi kullanılmaktadır [89]. Değerlendirmede postero-anterior sefalometrilere ve oklüzal radyografiler kullanılmaktadır [90].

Oklüzal radyografiler ile midpalatal suturen açılması ve kemikleşmesi değerlendirilmektedir [4, 16, 90, 91]. Midpalatal suturen diğer kemik yapıları ile süperpozisyonu ve posterior intermaksiller suturen net bir şekilde görülebilmesi bu yöntemi güvenilir hale getirmektedir. Bu radyografilerde, anatomik noktaların belirlenmesinin zor olması ve görüntülerin üst üste çakışması nedeniyle ölçümlerin güvenilirliği sorgulanmaktadır [92].

Posteroanterior sefalogramlar transversal problemleri değerlendirmede başvuru alan en iyi görüntüleme yöntemlerinden bir tanesi olduğu belirtilmiştir [1]. Posteroanterior sefalogramlarla asimetri ve çapraz kapanışın iskeletsel olup olmadığı, maksilla ve mandibula arasındaki transversal uyum teşhis edilebilmektedir [16, 26, 93]. Bu radyografik teknik, radyografların üst üste çakıştırılmasına, lineer ölçümlerin karşılaştırılmasına ve radyografların zaman içinde değerlendirilmesine olanak tanır. Ricketts, Rocky Mountain analizini geliştirdi ve maksilla ile mandibula arasındaki

transversal tutarsızlıkları analiz etmek için belirli radyografik işaretler ve ölçümler kullanarak göreceli normlar oluşturdu [89].

PA sefalogramlar ile maksiller transversal darlıkların teşhisi ile birlikte asimetriler de teşhis edilebilmektedir. İskelet asimetrisinin belirlenmesinde PA sefalometrik analizinin yararlı olduğu kanıtlanmıştır [94]. Ancak belirgin iskelet asimetri yok ise PA sefalogramlar çapraz kapanışları değerlendirmede çok az şey sunmaktadır. Bunun nedeni, alveolar kemikte PA filmlerde ölçüm yapılabilecek kadar belirgin yer işaretinin olmamasıdır [16]. Daha yeni yaklaşımlar, incelenecek kraniyofasiyal bölgenin doğru bir şekilde tanımlanmasına izin veren ve ardından çenelerin elemanları arasındaki uzamsal ilişkilerin doğrudan görsel olarak değerlendirilmesine izin veren 3 boyutlu (3D) görüntülemeyi içerir. Konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) taramaları ile apikal tabanların 3 boyutlu temsillerinin kesitsel değerlendirmesi, dişlerin bukkolingual eğim açıları üst çene genişlikleri üç boyutlu olarak ölçülüp uygun tanı konulabilmektedir. Bir klinisyen bu görüntüleri, asimetrisinin daha doğru ve daha ayrıntılı bir değerlendirmesini yapmak için kullanabilir [4].

#### **2.2.4. Maksiller darlık tedavisi**

Posterior çapraz kapanış kendi kendine düzelmesi mümkün olmayan bir anomali olarak belirtilse de [95, 96] bazı araştırmacılar tarafından süt dişlenme ve erken karışık dişlenme dönemlerinde bu maloklüzyonda % 8-45 aralığında spontan düzelme olduğu rapor edilmiştir [16]. Özellikle erken yaşlarda zararlı alışkanlıkların bırakılması ile spontan düzelme görülmektedir [45].

Üst çene darlığının tedavisi hastanın yaşı, maloklüzyonun tipi-şiddeti, maloklüzyonun etiyojisi, hastanın veya ebeveynin kooperasyonu, problemin spontan düzelme oranı, tedavi öncesinde kamuflajın olup olmaması ve vakada kullanılacak aparat tipleri gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir [18, 47, 49, 69, 71, 95, 96].

Analiz edilmesi gereken durum vakalarda koruyucu-önleyici ortodontik tedavi yaklaşımının etkili olup olmayacağı ve düzeltici bir ortodontik tedavinin gerekip gerekmediği ile alakalı karar verilmesidir. Ayrıca transversal boyuttaki büyümenin,

sagittal ve dikey yön büyümelerinden daha önce tamamlandığı unutulmamalıdır [15, 32, 78].

Larsson ve ark. kanin bölgesinde okluzal çatışmaları olan 2–3 yaşında emzik emen çocuklarda emme zamanının azaltılması ile bu durumun kendiliğinden düzelebileceğini rapor etmiştir [49]. Başka bir araştırmada 3-5 yaşları arasında 20 çocuk takip edilmiştir ve bu çocukların 9 (%45) tanesinde spontan düzelme gözlenmiştir [23].

Süt dişlenme ve erken karışık dişlenme döneminde kapanışta ilk bakılması gereken alt çene kaymasının olup olmadığıdır. Alt çenede fonksiyonel kayma yoksa tedaviye başlanmadan sadece hastanın dişlenme süreci takip edilebilir [14, 16]. Çenede kayma ve belirgin bir çapraşıklık yoksa tedavi genellikle daimi birinci molarlar sürene kadar ertelenebilir. Eğer daimi molarlar çapraz kapanışta sürerlerse tedavi başlatılabilir [71]. Fonksiyonel alt çene kayması var ise tedaviye başlanarak alt çene eklemine bu kaymaya göre yeniden şekillenmeler engellenerek çene asimetrisi oluşumu engellenebilir [16, 97, 98].

Üst çene apikal kemik kaidesi yeterli ve sadece dental arkta bir darlık söz konusuysa o zaman sadece diş kavsinin genişletilmesi yeterli olur. Ancak apikal kemik kaidesinde bir darlığa bağlı gelişen kompanzasyon mekanizmasından dolayı dişlerin kronlarında bukkale tippig varsa o zaman median palatal sütünun açılması ile apikal kemik kaidesinin genişletilmesi hedeflenmelidir [14, 39, 83, 99-101].

Tedavi planlamasında aşağıda sıralanan maddelere dikkat edilmelidir [39].

1. Üst ve alt posterior dişler arasındaki transversal uyumsuzluk 4 mm veya daha fazla ise hızlı üst çene genişletmesi düşünülmelidir.
2. Çapraz kapanıştaki diş sayısı önemlidir.
3. Molarların ve premolarların başlangıç angulasyonları önemlidir. Üst molarlar bukkale eğimli ise konvansiyonel yöntemler dişleri bukkal kas yapısı içerisine doğru devirecektir. Eğer alt molarlar linguale eğimli ise, dişler dik konuma geldiğinde üst ark için gereken genişletme miktarı artacaktır.

Üst çenenin genişletilmesinde sütünun açılma hızına bağlı olarak yavaş, hızlı, yarı hızlı genişletme yöntemleri tanımlanmıştır [14].

Koruyucu yöntemlerin dışında üst çene darlığı aktif olarak ark genişletmesi yapılarak tedavi edilebilmektedir. Yavaş üst çene genişletmesi(SME), yarı hızlı üst çene genişletmesi, hızlı üst çene genişletmesi (RME), minivida destekli hızlı üst çene genişletmesi (MARPE) , cerrahi destekli hızlı üst çene genişletmesi (SARME) bu amaçla uygulanabilmektedir [102].

### **2.3. Yavaş Üst Çene Genişletmesi**

Yavaş üst çene genişletmesi, dişlere ve üst çene alveoler kemiğine ortodontik diş hareket limitleri dahilinde kuvvet uygulanması ile daha çok dental genişletme ile sonuçlanan bir genişletme yöntemidir. Sütural dokuların direnci kırılmadığı için ortodontik hareket miktarı fazla, ortopedik hareket miktarı azdır [39]. Bazı yazarlar yavaş üst çene genişletmesi ile eşit miktarda dişsel ve iskeletsel etki elde ettiklerini belirtirken [26, 63]; Hicks (1978) ise % 16-30 arasında değişen oranlarda iskeletsel etki ettiğini belirtmiştir [103]. Bu genişletme yöntemi daha çok maksiller apikal kemik kaidesinin geniş ve dişlerin palatinal devrik olduğu durumlarda tercih edilmektedir [14].

Genişletme esnasında haftada 0.5-1 mm'lik aktivasyon ile 450 ile 900 gr arasında fizyolojik sınırlar dahilinde kuvvet uygulanması sonucunda çevre dokularda daha az rezidüel yük oranı birikmesi ve retansiyon safhasında daha az nüks görülmektedir [103-105]. Üst çene yavaş olarak genişletildiği takdirde, osteoklastik, osteoblastik ve fibroblastik aktivitenin arttığı kanıtlanmıştır [103]. Tedavi süreci ortalama olarak 2 ile 6 ay arasında yapılmaktadır [39, 106].

Yavaş üst çene genişletme apareyleri ;

1. Ekspansiyon vidalı hawley [16, 26, 107]
2. Quad-heliks
3. Quad-heliks modifikasyonu ; Asimetrik üst çene genişletme apareyi(AMEX) [108]

4. W apareyi [18]
5. Porter aygıtı [109]
6. Coffin springer [110]
7. Nikel titanyum genişletme apareyi [111, 112]
8. Samarium-cobalt mıknatısları (67, 69)
9. Magnetler içeren genişletme apareyleri

#### **2.4. Yarı Hızlı Üst Çene Genişletmesi**

Mew 1977 yılında “Bioblock” ismini verdiği vidalı müteharrik bir aparey ile haftalık 1–1,5 mm'lik genişletme yapmıştır. Bu genişletme yönteminin yavaş ve hızlı genişletme protokollerine göre daha fizyolojik olduğunu belirtmiştir. Mew (1983) [75] sonrasında yaptığı başka bir çalışmada, haftada 1 mm olarak yaptığı üst çene genişletmesi işlemini “yarı hızlı üst çene genişletmesi” olarak adlandırmıştır. Karma dişlenme dönemindeki hastalara uygulanan hareketli plaklar ile vidayı gün aşırı bir çeyrek tur çevirerek yapılan bir çalışmada araştırmacılar yarı hızlı üst çene genişletmesi uyguladıklarını belirtmişlerdir.

“Yarı Hızlı Maksiller Üst Çene Genişletmesi” adı İşeri ve ark. [113] tarafından 2004 yılında literatüre tanıtılmıştır. Bu protokolde rijit akrilik bonded hızlı maksiller genişletme apareyinin vida çevirme programı, suture açılana kadar günde iki çeyrek tur (0,4 mm), suture açıldıktan sonra haftada 3 çeyrek tur (0,6 mm) yapmışlardır. Hızlı maksiller genişletme yöntemine göre daha yavaş üst çene genişletmesi yapılması çevre dokulara daha az fizyolojik kuvvetin uygulandığı belirtilmiştir. Bu yeni duruma nazomaksiller kompleksin daha iyi uyum sağlayarak nüksün önüne geçmek amaçlanmıştır. Çalışmada yapılan genişletmelerin 3 yıllık pekiştirme döneminde hala stabil olduğu rapor edilmiştir [113, 114].

Ramoglu ve ark. [115] karma dentisyondaki hastalarda yarı hızlı üst çene genişletmesi ile hızlı üst çene genişletmesinin etkilerini karşılaştırdıkları çalışmada nazal kavite, maksiller kaide, molarlar arası mesafe ve kaninler arası mesafe ölçümlerinde protokoller arasında bir fark olmadığını rapor etmişlerdir.

## 2.5. Hızlı Üst Çene Genişletmesi

Hızlı üst çene genişletmesi (Rapid Maksiller Ekspansiyon-RME) ortodonti literatürüne 1860 yılında Angell'ın 14 yaşındaki bir kız çocuğuna maksiller premolarlar seviyesinde vidası olan bir aparey uygulaması ile girmiştir ve yaklaşık 160 senedir ortodontistler tarafından sıklıkla kullanılmaktadır [116]. Literatürde ortopedik ekspansiyon olarak da adlandırılmaktadır. Maksiller dentisyona karşılıklı olarak lateral yönde kuvvet uygulanarak üst çeneyi genişletme işlemidir [99]. Hızlı maksiller ekspansiyon apareyinin aktivasyonu sonucunda maksiller bazal kemiğe ve komşu iskelet kemiklerine yüksek kuvvetler iletilmektedir. Bu tür ağır kuvvetler, genç bireylerde midpalatal süturu kolayca ayırabilir ve iki maksiller yarımı laterale doğru yönlendirir [83, 99, 101, 103, 117]. Amaç dişlere ve alveoler yapılara ortodontik diş hareketi limitlerini aşan kuvvetler uygulanması ile maksimum iskeletsel etki ve minimum dental etki elde edilmesidir [39, 99, 117-120]. Uygulanan kuvvet sütural yapıların biyoelastik direncinin üstesinden gelerek midpalatal süturda ortopedik olarak ayrılma sağlamaktadır [103, 121-123]. Hızlı üst çene genişletmesinde uygulanan kuvvet dişlere iletilir, periodontal ligament sıkışır ve kuvvet alveol kemiğine iletilir. Bunun sonucunda midpalatal süturda açılma, alveolar kemikte bending ve dişlerde bukkale doğru tipping görülür [39, 99].

Hızlı üst çene genişletilmesinde vidanın her aktivasyonunda dişlerde, maksillada veya yüz yapılarında baskı ve gerilim sonucunda ağrı oluşmaktadır. Bu baskı hissi birkaç dakikadan birkaç saate kadar değişmektedir [124]. Oluşan ağrı hissiyatı hastanın yaşı, vidanın aktivasyonu sonucunda oluşan kuvvet miktarı, aktivasyon aralığı, midpalatal süturun maturasyon derecesi, kemik yapının yoğunluğu, maksillayı çevreleyen sirkummaksiler süturların direnci, hastanın ağrı eşik seviyesi gibi birçok faktör etkilemektedir [99, 125]. Hastada şiddetli ağrı olmaması ve başarılı bir ekspansiyon için erişkin hastalarda cerrahi destekli üst çene genişletmesi yapılabilir [78].

RME'nin asıl amacı üst çene darlığını düzeltmek olsa da etkileri üst çene ile sınırlı değildir. Genişlemenin, çeşitli kraniofasiyal bölgelerde özellikle üst çene artikülasyonunun olduğu bölgelerde basınç hissi ile ilişkili olduğu bildirilmiştir [7, 105, 126]. Maksilla yüz ve baş bölgesindeki 10 kemikle ilişki içerisindedir. Bundan

dolayı RME doğrudan veya dolaylı olarak maksilla [39, 127], mandibula [83, 99, 101, 104, 128], burun boşluğu [83, 99, 100, 128], faringeal yapılar [129, 130], temporomandibular eklemler [104] ve sfenoid kemiğin pterygoid processı [129] gibi yapıları da etkilemektedir. Hızlı üst çene genişletmesinin kraniofasial yapılar üzerinde oluşturduğu stres birikimine bakılan bir çalışmada, sonlu elemanlar analizi sonucunda stresin en yüksekten en düşüğe doğru sırasıyla sfenoid kemiğin pterigoid çıkıntıları, maksiller molarlar ve kaninler arası, inferior nazal kavitenin yan duvarları, zigomatik ve nazal kemik bölgeler olduğu rapor edilmiştir [7].

RME ile günlük 0,2 mm ile 0,5 mm aralığında genişletme yapılmaktadır [131-134]. Literatürde yapılan çalışmalarda vidanın bir tur aktivasyonu sonucunda yaklaşık 1,5 - 4,5 kg (3 – 10 pound) civarında kuvvet uygulanarak haftada 3 mm veya daha fazla genişletme elde edilmektedir. Birden fazla aktivasyon sonucunda 9 kilogram civarında kuvvet oluşmaktadır. Biriken bu kuvvet aktivasyon yapıldıktan sonra hızla azalmaktadır [39, 75, 104, 105, 120, 135]. Uygulanan ilk aktivasyon kuvvetinin etkisi yaklaşık 12 ile 24 saat sonrasında, yeterli genişliğe ulaştıktan sonraki retansiyon döneminde ise uygulanan kuvvet 5-7 hafta içerisinde azalarak devam ettiği bildirilmiştir. Üst çene genişletmesi devam ederken oluşan kuvvetlerin dağılım hızı yavaşlamaktadır [105]. Ayrıca vidanın her aktivasyonu sonrası dokulara iletilen kuvvetin tamamının dağılamayıp yaklaşık % 5-25'inin rezidüel (artık) kuvvet şeklinde kaldığı belirtilmiştir [136]. Yaş ilerledikçe süturlardaki direnç arttığından dolayı kuvvet birikimi daha hızlı olacağından biriken rezidüel kuvvet miktarının artmasının yanında görmede bulanıklık, baş dönmesi, baş ağrısı, burun kanaması ve zigomatik bölgede ağrı gibi yan etkiler olduğu görülmektedir [124, 137].

Hızlı üst çene genişletme işleminde genişletme hızı ve vida çevirme protokolü hakkında henüz net bir konsensüs oluşmamıştır. Timms üst çene genişletme işleminde yapıların zarar görmemesi için günlük aktivasyon miktarının 0,3-0,5 mm olması gerektiğini ayrıca genç hastalarda yeterli genişletmeye ulaşana kadar günde 2 defa çeyrek tur önermiştir [138]. Haas genişletme apareyinin yapıştırılmasından sonra ilk aşamada beşer dakika aralıklarla ardarda 4 defa 1/4 tur çevrilmesini ve sonrasında sabah ve akşam günde 2 defa birer tur çevrilmesini önermiştir. Vidanın bir tam turunun 0.8 mm ya da 1 mm olduğunu bildirmiştir [99]. Sander ve ark. genişletme aygıtının 1

günde minimum 5 defa çevrilmesini önermiştir [139]. Zimring ve Isaacson genişletme apareyinin büyümekte olan hastalarda ilk 4-5 gün günde 2 defa çeyrek tur , sonraki günlerde günde 1 defa çeyrek tur çevrilmesini , yetişkin hastalarda ise ilk 2 gün günde 2 defa çeyrek tur, sonraki 3-7 gün süresince günde 1 defa çeyrek tur ve devamında yeterli genişletmeye ulaşana kadar iki günde bir defa çeyrek tur çevrilmesini önermiştir [105]. Literatürde vida çevirme programları hakkında farklı fikirler olmasına rağmen genel görüş vidanın günde 2 defa sabah ve akşam çevrilmesi şeklindedir [82, 99, 140].

### **2.5.1. Tarihçe**

Üst çene darlığı ilk defa Hipokrat tarafından tanımlanmıştır. Ancak 1860 senesine kadar gerçek anlamıyla tedavisi gerçekleştirilmemiştir. Alıntı yapılan en eski rapor, Emerson Colon Angell'in 1860'da Dental Cosmos'ta yayınlanan bir çalışma raporudur [116]. Bu çalışma raporunda Angell üst çenede palatinal kubbeye bir vida yerleştiriyor.

Bu vidadan her iki taraftaki premolar dişlere uzanan destek kollarından oluşan genişletme apareyi ile günde iki kez aktivasyon ile 14 günlük aktivasyon sonucunda genişletme tamamlanmıştır. Bunun sonucunda üst santral kesici dişler arasında median diastema olduğu rapor edilmiştir. Ancak o dönemlerde radyografi olmadığı için oluşan bu diastemanın süturun açılması sonucunda geliştiği kanıtlanamamıştır [138, 141] . Bu gelişme dönemin araştırmacıları arasında tartışma konusu olmuştur, bir grup araştırmacı bu fikre katılırken, diğer bir grup bu fikre karşı çıkmıştır. Çalışma o dönemde Amerikan ekolünde çok fazla kabul görmemiş, yapılan bu işlemin anatomik yapılardan dolayı imkânsız ve kullanılmasının tehlikeli olduğu düşünülmüştür [99].

Bu konudaki çalışmalara Avrupalı araştırmacılardan Babcock, Schroeder-Bensler, Huet, Mesnard, Derichsweiler, Korkhaus ve Krebs devam etmişlerdir [83]. Ancak tekniğe ilişkin mevcut bilgimizi orijinal belgelerle karşılaştırdığımızda vaka raporunun genellikle mevcut gözlemlerle uyduğu görülmektedir. Özellikle McQuillen'in Angell'e karşı ileri sürdüğü argümanlar alakasız olduğu için reddedilebilir ve Angell'in tezi doğrulanmaktadır [141].

Landsberger (Timms 1981) 1909 yılında hızlı üst çene genişletmesinin etkilerinin görüntülediği bir radyoloji tekniğini tanımlamıştır. Bu teknikle, genişletmeden önce ve sonra çekilen radyolojik görüntülerde, hızlı üst çene genişletmesi işleminin midpalatal sutureda açılmaya sebep olduğu kanıtlanmıştır. Genişletmenin röntgenler ile kanıtlanmasına kadar olan süreçte bu konudaki tartışmalar devam etmiştir [118].

Korkhaus, 1956'da Illinois Üniversitesi Ortodonti Departmanı'nda bir seminer sunumu yapmıştır. Bu seminerde genişletme yapılan hastaları sefalometrik kayıtlarıyla birlikte sunmuştur. Seminerden etkilenen Haas domuzlarda yaptığı tez çalışması ile üst çene genişletme işlemini ağrısız , suturen 2 haftada 15 mm ayrıldığını, çok az suturel dirençle karşılaştığını, alt dişlerde genişleme-dikleşme ve 7 mm internazal genişleme olduğunu rapor etmiştir [83].

Ricketts (1960) özellikle dudak-damak yarıklı hastalarda çok başarılı sonuçlar elde ettiği 1. molar dişlere yerleştirdiği bantlardan destek alan ve 1mm çapında çelik telden hazırlanan quad-helix adını verdiği bir genişletme aygıtını tanıtmıştır. Quad-helix istenilen yönde aktive edilebilmektedir ve sürekli-hafif kuvvet uygulanmasına izin vermektedir [142].

Daha Sonrasında Haas, konsepti 1961'de kendi geliştirdiği diş ve damak mukozasından akrilikle destek alan üst çene genişletmesini yeniden popüler hale getirmiştir [99]. Yapım safhası daha az laboratuvar uygulaması ile avantaj sağlarken, apanyin akrilik plağı altında inflamasyon oluşturması dezavantajdır [83, 128].

William Biederman 1968 ve 1973'te yaptığı çalışmalarda daha hijyenik olduğunu vurguladığı kalın çelik kollarla 1. büyükazı ve 1. küçükazı bantlarına lehimlenen diş destekli “Hyrax (Hygienic Appliance for Rapid Expansion)” aygıt tasarımını tanıtmıştır [143, 144]. Bu tasarım“ Haas” apanyine göre daha hijyenik ve daha az yumuşak doku irritasyonuna neden olması yönüyle dikkat çekicidir.

Cohen ve Silverman (1973), dişlerin bukkal, lingual ve tercihen okluzal yüzeylerinin de akrilik ile kaplandığı bir apanye tasarımı geliştirdiler. Bu apanye tasarımı bantlı tasarımlara göre ağıza yerleştirilmesi daha kolaydır. [145].

Cotton (1978), orta bölümündeki yayın sıkıştırılmasıyla düşük şiddette kuvvet uygulayan “Minne” apareyini kullanmıştır [122].

Subtelny (1980), hızlı üst çene genişletmesi işleminde kullandığı aparey tasarımında maksillada azı dişlerinin oklüzalini akrilik ile kaplamıştır. Bunun sonucunda posterior dişlerde bukkale devrilmenin azalacağını, vertikal boyut kontrolünün artacağını ve nazomaksiller komplekse daha fazla kuvvet iletilebileceğini belirtmiştir [65].

Vardimon ve ark. (1987) maymunlar üzerinde yaptıkları araştırmada üst çene genişletmesi için mıknatısları kullanmışlardır [146].

Arndt (1993), vücut ısısı ile kendiliğinden aktive olan ve midpalatal sütür üzerinde hafif ama sürekli kuvvet oluşturabilen nikel-titanyum esaslı genişletme aygıtını tasarlamıştır. Bu aparey tasarımı ile hasta işbirliğine ve uzun laboratuvar çalışmasına gerek kalmamaktadır [147].

Darendeliler ve Lorenzon [148], hafif ve devamlı kuvvet oluşturan ve daha öncesinde belirlenen miktarda genişletmeye ulaşıldığında kendiliğinden genişletmenin durmasını sağlayan süper elastik yaylar ile ilgili bir sistemi tanıtmışlardır.

Memikoglu ve Iseri [31], üst çenenin palatinal bölgesini ve posterior dişlerin tamamını, anterior dişlerin ise sadece palatinal yüzeylerini örten ve ortasında bir vida bulunduran “Rigid Acrylic Bonded Maxillary Expander” adlı genişletme apareyini modifiye etmişlerdir.

Geçmişten günümüze kadar apareylerde birçok modifikasyon yapılmış ve kullanılmıştır. Bu apareyler dişlere yapıştırılarak kullanılabildiği gibi hareketli apareyler şeklinde de uygulanmıştır. Ayrıca yavaş, yarı hızlı ve hızlı genişletme gibi farklı prosedürler de kullanılmıştır. Üst çene genişletme işlemi artık basit ve öngörülebilir bir ortodontik tedavi olarak kabul edilmektedir.

### 2.5.2. Endikasyon ve kontrendikasyonları

Hızlı üst çene genişletmesinin endikasyon ve kontrendikasyonları bulunmaktadır.

Hızlı üst çene genişletmesinin endikasyonları

1. İskeletsel, dişsel veya her ikisinin kombinasyonu sonucunda oluşan maksiller darlık veya mandibuler genişlik sebebiyle gelişen unilateral veya bilateral posterior çapraz kapanış vakalarında [99, 101],
2. Çekimsiz tedavi edilebilecek borderline vakalarda, posterior çapraz kapanışı olmayan ve 3-6 mm arasında çapraşıklığa sahip (moderate maksiller çapraşıklık) ark uzunluğunun arttırılması ile erken dönemde dişlerin daha sıralanmasını sağlamak için [39, 99],
3. Maksiller ve mandibular molarlar ve premolarlar arası genişlik sapmasının 4 mm veya daha fazla olduğu vakalarda [39] ,
4. Sınıf II ve sınıf III vakalardaki antero-posterior düzensizliğin düzeltilmesi ile düzgün bir transversal ilişki elde edilemeyecekse [99, 101],
5. Süt ve karışık dişlenme dönemindeki tek taraflı fonksiyonel yan çapraz kapanış görülen vakalarda asimetrik kondiler oluşumunu engellemek amacıyla [97],
6. Gülümseme esnasında komissura bölgesinde oluşan karanlık bukkal koridorların ortadan kaldırılması ve daha estetik bir gülümseme elde etmek amacıyla [123],  
Üst çenede dar apikal bazal kemik kaidesinin olduğu ve posterior dişlerin köklerinin de linguale eğimli olduğu vakalarda, posterior dişlerin aksiyal inklinasyonlarının düzeltilmesinde [123],  
Nazal stenozlu hastalarda nazal direnci azaltarak normal solunum paternine geçişi kolaylaştırmak amacıyla [78, 128],
7. Dudak-damak yarıklı hastalarda skar dokusuna bağlı kollabe olmuş üst çenenin genişletilmesi amacıyla [39],

8. Karma dişlenme döneminde maksillanın sagittal yön yetersizliğine bağlı Sınıf III vakalarda üst çene de darlık görülmesi bile maksiller sütural sistemin mobilizasyonu arttırarak yüz maskesi ile protraksiyonun kolaylaştırılması amacıyla [39],
9. Hafif şiddetteki ön çapraz kapanış vakalarında A noktasının 1-2 mm öne taşınarak spontan düzeltme sağlamak amacıyla [78, 83, 99, 101, 149] kullanılmaktadır.

Hızlı üst çene genişletmesinin kontraendikasyonları

1. Düşük kooperasyonlu hasta veya ebeveyn,
2. Tek dişi çapraz kapanışta olan vakalarda,
3. Midpalatal sütünun mature olduğu hastalar,
4. Aşırı sagittal ve vertikal yönde aşırı iskeletsel uyumsuzluğa sahip ve ortognatik cerrahi ile tedavi edilmesi gerekli olan hastalar,
5. Ön açık kapanışa sahip, aşırı dik mandibular düzlem açısı ve konveks profili olan hastalar,
6. Üst çene veya alt çenesinde iskeletsel asimetrisi olan hastalarda,
7. Sistemik rahatsızlığı olan hastalarda hızlı üst genişletme yapılması kontraendikedir [37-39, 78, 101, 131, 150].

### **2.5.3. Midpalatal sütün maturasyonu ve yaş ile ilişkisi**

Hızlı üst çene genişletmesi sonucunda en optimum sonuçların elde edilebilmesi için uygulanacak yaş aralığına yönelik aparey tercih edilmesi oldukça önemlidir. Maksillanın transversal yönde büyümesi 12-14 yaşları arasında tamamlanmasından dolayı bu yaş aralığından sonraki dönemlerde midpalatal sütünun sadece geleneksel apareylerle ayrılması konusunda şüpheler başlamaktadır [151-154].

Midpalatal sütün juvenil dönemde oblitere olmaya başlar ve yaş ilerledikçe bu sütün birbirine doğru iç içe geçmeye başlar ve sirkummaksiller süturlarda ossifikasyon meydana gelir. Yaş arttıkça midpalatal sütünun karşılıklı parmak uzantıları şeklinde

oluşan iç içe geçmeler posteriordan anteriora doğru artmaktadır ve kortikal kemik yerini süngerimsi kemiğe bırakmaktadır [155]. Melsen üst çene gelişimini değerlendirmek için insan otopsi materyallerini kullandığı bir histolojik ve mikroradyografik inceleme yaptığı çalışmasında yaş ilerledikçe midpalatal suturedaki değişimleri rapor etmiştir. Bu çalışmada 0-18 yaş aralığındaki bireyler incelenmiştir. Sütural gelişim prosesini üç döneme ayırmıştır. Birinci dönem doğumdan hemen sonraki dönemde vertikal koronal kesitte suture kısa, geniş ve Y şeklinde, ikinci dönemde daha dalgalı ve yılan kıvrımı şeklindedir. 10 yaşından sonra sutureun şekli kıvrımlı T harfine benzemektedir. 3 ila 14 yaş aralığında yaş arttıkça sutureun boyu kısalmakta ve birbiri içine geçmiş girintili çıkıntılı bir yapı göstermektedir. Ve en son üçüncü dönemde ise suture testere ağzına benzer görünümde olup, mekanik kilitlemenin yanı sıra bu bölgede kemik adacıkları oluştuğunu ve cerrahi destek olmadan sadece geleneksel üst çene genişletme yöntemlerinin yetersiz olacağını bildirmiştir [125]. Persson ve Thilander 15-35 yaşları arasındaki insan kadavraları üzerinde yaptıkları çalışmada midpalatal ve transvers palatin sutureların ossifikasyonunun yaş ile ilişkisini incelemiştir. Bireysel farklılıkların aynı suture üzerinde farklı derecelerde ossifikasyona neden olabileceğini belirtmişlerdir [156]. Melsen midpalatal suturedaki büyümenin kızlarda 16, erkeklerde 18 yaşına kadar devam ettiğini bildirmiştir [125]. Midpalatal sutureun matürasyon durumuna yönelik karar verilmesinde yapılan histoloji çalışmaları dışında kronolojik yaş, dental gelişim yaşı, servikal vertebra matürasyon evrenme metodu (SVMS), beş evreli midpalatal suture matürasyon yöntemi veya 'midpalatal suture densite oranı (MSDR)' gibi parametrelere bakılabilir [133, 155].

Grünheid ve ark. midpalatal suture densite oranı (MSDR) ve diğer yöntemleri karşılaştırdıkları çalışmasında belirlenen palatal bölgede konik ışınli bilgisayarlı tomografi görüntülerinde gri alanları (kemik yoğunluk seviyesini temsil eder) kullanmışlardır. Oran değerleri 0 ila 1 arasındadır, 0 daha az kalsifikasyon ve yumuşak dokuya yakın renkte gri alanları ve 1 daha fazla kalsifiye suture ve palatal kemiğe yakın gri alanları temsil eder. Çalışmanın sonuçlarına göre sadece MSDR'nin klinik değerler oluşturacak kadar anlamlı derecede yüksek ilişkili olduğu bulunmuştur [157].

Süt ve erken karışık dişlenme döneminde ise burunda septum deviasyonu gibi yan etkilerden kaçınmak için hızlı üst çene genişletmesi önerilmemektedir [153]. Başarılı hızlı üst çene genişletme işlemi için en uygun dönemin adölesan dönemin ortaları yani 13-15 yaşına kadar olan dönem olduğu belirtilmiştir [39, 153].

Bu yaş sınırı kızlar için 18, erkekler için ise 21 olarak tanımlanırken [158], 4-29 gibi geniş aralıktaki yaşlar arasında da yapılabileceğini söyleyen yazarlar olmuştur. Ancak pubertal büyüme atılımı sona erdikçe süturun iç içe geçmesi ve fasiyal iskeletsel yapının üst çene genişletmesine karşı direnci midpalatal süturun açılma olasılığını azaltmaktadır. Ayrıca adölesan dönemde yaşın ilerlemesi ile üst çene genişletme işlemi sonrasında sütural açılma miktarı da değişmektedir. Habersack ve ark. bilgisayarlı tomografi kullanarak 10 ve 16 yaşındaki iki farklı hasta grubundaki sütural açılmayı inceledikleri çalışmada yaşın ilerlemesi ile daha paralel açılmadan üçgensel açılmaya doğru değişim olduğunu göstermiştir [159]. Ayrıca Bacetti ve ark. hızlı üst çene genişletmesinin uzun dönem etkilerini inceledikleri çalışmalarında prepubertal dönemde tedavi edilen bireylerde transversal yönde daha belirgin iskeletsel etki olduğunu ve uzun dönemde daha kalıcı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir [133].

Literatür tarandığında yaşın ilerlemesi ile sutureda iç içe geçme ihtimalinin artacağı buna bağlı olarak hızlı üst çene genişletmesine karşı direncin artacağı konusunda görüş birliği mevcuttur [103, 104, 133, 155]. Ancak matürasyon derecesinin aşamasına bağlı olarak hangi yaşta hangi genişletme yönteminin uygulanması gerektiği ile ilgili fikir ayrılıkları bulunmaktadır. Tedavinin başarıya ulaşmasında, teşhis, tedavi planlaması, aparey seçimi ve hastanın büyüme-gelişim dönemi gibi etkenler büyük önem arz etmektedir. Hızlı üst çene genişletmesinde elde edilmesi istenen iskeletsel genişleme ile yaş arasında ters orantı bulunmaktadır [160]. Erişkin bireylerde hızlı üst çene genişletmesi daha çok dentoalveoler düzeyde olmaktadır ve iskeletsel genişletmeye karşı daha çok direnç meydana gelmektedir. Farklı araştırmacılar farklı yaşlardan sonra geleneksel üst çene genişletmesinin yetersiz olduğunu ve midpalatal sutureda ve üst çene yan duvarlarında osteotomiler yapılmasına ihtiyaç duyulacağını bildirmiştir.

Mommaerts ve ark. 14 yaşından sonra, Epker ve ark. 16 yaşından sonra, Alpern ve ark kadınlarda 20 erkeklerde 25 yaşından sonra ve Timms ve ark. 25 yaşından sonra cerrahi destekli hızlı üst çene genişletilmesi yapılmasını gerektiğini önermiştir [154, 158, 161, 162].

#### **2.5.4. Hızlı üst çene genişletmesinin etkileri**

Hızlı üst çene genişletme işleminin etkilerini lateral ve frontal sefalometrik radyografiler, hastadan alınan modeller ve konik ışınli bilgisayarlı tomografi görüntüleri üzerinden ölçümler yapılarak değerlendirilebilir. Literatürde genişletme işleminin dentofasiyal yapılara olan etkileri ile alakalı çok fazla araştırma yapılmıştır. Ancak kullanılan aparey tasarımı, hastanın yaşı, cerrahi yöntem, çevirme ve retansiyon protokolündeki farklılıklar araştırmaların sonuçlarında farklılıklar görülmesine neden olmuştur.

##### **2.5.4.1. İskeletsel etkileri**

Transversal maksiller yetmezliğı olan hastalarda sıklıkla kullanılan hızlı maksiller genişletme yöntemi dentoalveoler bölge, midpalatal sütur ve komşu kraniofasiyal yapılarda değışikliklere neden olmaktadır. Bunun nedeni maksillanın diğerkafatası kemikleri ile sirkummaksiller süturlar aracılığıyla birleşmesidir [163]. Maksiller kemiğın komşuluk yaptığı yüz ve kraniuma ait kemikler; frontal, etmoid, nazal, palatin, lakrimal, zigomatik, vomer, sfenoid kemiğın pterigoid çıkıntıları ve inferior nazal konka şeklinde sıralanabilir. Hızlı üst çene genişletmesi sonucunda maksilla ve maksillanın bağlantılı olduğı sfenoid kemik hariç tüm kemiklerde yer değıştirme olduğı rapor edilmiştir [164].

Kudlick yaptığı çalışmada hızlı maksiler genişletme sonucunda maksiller parçaların asimetrik yer değıştirdiğini ve kranial taban açısının sabit kaldığını rapor etmiştir. Ayrıca üst çene genişletmesine en büyük direnç gösteren yapının sfenoid kemik olduğunu bildirmiştir [165].

Üst çene genişletilirken okluzal ve frontal yönden bakıldığında üçgensel bir açılma olduğı görülmektedir. Maksillaya okluzalden bakıldığında midpalatal süturda, anteriorda daha fazla posteriorda daha az olmak üzere "V" şeklinde bir ayrılma olduğı

bildirilmiştir [101, 166] ve bu görüntü ön bölgedeki dokularda hızlı bir mineral kaybı sonucunda okluzal radyografilerde radyolüsent bir görüntü vermektedir [104]. Buna rağmen molarlar arasındaki genişleme miktarının kaninler arasındaki genişleme miktarından 2 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir [24, 96]. Aynı zamanda maksillaye frontalden bakıldığından genişletmenin rotasyon merkezinin nazofrontal suture [121] olduğu ve midpalatal sutureda superoinferior yönde tabanı keserler bölgesinde ve tepesi nazal bölgede olan üçgensel bir genişleme modeli görülmektedir [83, 99, 101, 103, 128]. Bu konuyla ilgili yapılmış olan bir çalışmada üst çene genişlerken, sağ ve sol parçalarının birbirlerine göre  $-1^{\circ}$  ile  $+8^{\circ}$  arasında bükülerek üst çenenin ön-arka yönde paralel bir şekilde ayrılmadığı tespit edilmiştir [7, 100, 101, 103, 117]. Bu değişim midpalatal suturen açılması ile birlikte uzayın her üç yönünde etkili olmaktadır ve hem horizontal hem de frontal düzlem komponentlerinin rotasyonu sonucunda üst çene aşağı ve ileri yönde yer değiştirmektedir [33, 167]. Ancak genişletme sonucunda maksillanın konumunun değişmediğini veya saat yönünün tam tersine rotasyon yaptığını savunan araştırmacılar da bulunmaktadır [168, 169].

Woller ve ark. büyümekte olan hastalarda yapılan üst çene genişletmesinin etkilerini değerlendirdiği çalışmada frontonasal, zygomaticomaksiller, intermaksiller, midpalatal ve transpalatal suturlarda anlamlı farklılıklar olduğunu bildirmiştir [167]. Üst çene genişletme işlemine karşı en büyük reaksiyon nazal bölge suturenda görülmekte ve en aktif ikinci suture ise zigomaticomaksiller suturedur [99, 164]. Üst çene genişletme işlemi sırasında burun boşluğunun dış duvarlarının laterale hareket etmesi sonucunda konka burun septumundan uzaklaşır. Alveoler çıkıntılar laterale eğimlenir, horizontal palatinal çıkıntıların serbest uçları inferiora hareket eder bunun sonucunda burun tabanı alçalır ve üst çene dışa doğru rotasyonu uğrar. Sonuç olarak nazal hacim artar [131, 170-174]. Nazal boşlukta meydana gelen bu defekt yaklaşık 90 günde tamamen kalsifiye olmaktadır [99]. Nazal hacim artışı sonucunda solunum kalitesinin arttığı ve maksiller sinüs genişliğinde azalma görüldüğü rapor edilmiştir [83, 173].

Sfenoid kemiğin pterigoid çıkıntıları çift taraflı yer aldığından dolayı hem kendi yapılarının hem de komşuluk yaptıkları palatin kemiğin piramidal çıkıntısının yana doğru bükülmesine neden olmaktadır. Böylece palatin kemiğin midpalatal suture boyunca açılımı minimize edilerek üst çenenin açılımına direnç oluşur. Bu durum Holberg ve ark. erişkin dönemde uygulanan hızlı üst çene genişletmesi çalışmasında da rapor edilmiştir. Yaşın ilerlemesi ile iskeletsel dokuların elastikiyetinin azalması sonucunda sfenoid kemik laterale doğru bükülmektedir, bu durumdan foramen ovale ve superior orbital fissür etkilenmektedir. Bunun sonucunda nöral ve vasküler yapılarda deformasyon riski olduğu rapor edilmiştir. Oluşan stresi azaltmak amacıyla, erişkin dönemde sfenoid kemik ile maksillanın cerrahi olarak ayrılmasından sonra genişletme yapılmasını tavsiye etmiştir [175]. Sicurezza ve ark. ise büyümekte olan hastalarda yapılan hızlı üst çene genişletmesinin orbital hacimde ve orbital genişlikte artışa neden olduğunu bildirmiştir [176].

Maksillanın komşu kemiklerle yaptığı sutureal bağlantılar, sfenoid pterigoid laminaların üst kısmı ve zigomatik kemiğin ön bölümü gibi kemik yapıları ile komşuluğu, hızlı üst çene genişletme işlemi sırasında maksillanın transversal yönde açılmasına median palatal suturedan daha fazla direnç oluşturmaktadır [7, 39, 126].

Hızlı üst çene genişletmesi sonucunda A noktasının konumu değişebilmektedir ve buna bağlı olarak hastanın ANB açısı etkilenmektedir. Maksillanın dönme merkezi sağ ve sol her iki zigomatik kemikte yer alıyorsa zigomatik kemikteki buttressing effect sonucu A noktası ileri hareket eder, dönme merkezi midpalatal suture boyunca yer alıyorsa A noktası geriye doğru hareket edecektir [144].

Hızlı üst çene genişletmesi sonucunda posterior nasal spinanın yukarı ve geriye, anterior nasal spinanın ise aşağıya ve geriye hareket etmesi sonucunda palatal düzlem ve üst azı dişlerinin saat yönünde rotasyonu yapmaktadır. Bunun sonucunda orta yüz yüksekliğinde artış olduğunu bildiren çalışmalar mevcuttur [170, 172, 177, 178]. Bu yöndeki rotasyonun özellikle Sınıf II bölüm 1 vakalar için faydalı olabileceği bildirilmiştir. Mandibular düzlem açısındaki artış ve alt ve üst çenenin aşağı ve geriye doğru rotasyonu ise alt yüz yüksekliğinde artışa neden olmaktadır. Bunun sonucunda total yüz yüksekliğinde artış olmaktadır [131, 172]. Ayrıca maksillanın vertikal yönde

inferiora doğru olan hareketi vomeromaksiller suturen kemiksel üretim aktivitesi sonucunda gelişebileceği bildirilmiştir [179].

Biederman üst çene genişletme işlemi yaparken burun kemiğinin etmoid kemiğin duvarları ile yaptığı bağlantılarda ayrılma olursa ısırma (bite) düzleminin kapanacağı ve tam tersi eğer eklemlerde bükülme gerçekleşirse, palatinal kemikte remodelling sonucunda posterior nasal spinada sarkma gerçekleşerek kapanışın açılacağı bildirilmiştir [144]. Böyle bir durumda özellikle üst çene genişletme ihtiyacı olan openbite hastalarında genişletme sırasında kapanışın daha fazla açılmasını önlemek amacıyla ek olarak vertikal veya oblik çenelik kullanılması önerilebilir. Kullanımı her bir tarafta 250 gr kuvvet olacak şekilde, günde 12-16 saat ve totalde 7-10 hafta olarak tavsiye edilmiştir [180].

#### **2.5.4.2. Dental etkileri**

Üst çene genişletme apareyleri genellikle diş destekli olduğundan dolayı genişletme sırasında oluşan kuvvet dişler aracılığıyla öncelikle periodontal ligamente daha sonrasında alveoler kemiğe en son olarak da çene kemiğine iletilmektedir [83]. Periodontal ligamentler aracılığıyla alveol kemik ve üst çene kemiğine iletilen bu kuvvet, midpalatal suturen açılmasına neden olmaktadır. Hızlı üst çene genişletme işleminde midpalatal suture açılırken dişlerde daha az miktarda hareket gözlemlenirken, iskeletsel hareketin daha fazla oluştuğu belirtilmiştir [83, 99, 181]. Hızlı üst çene genişletmesinde en çok göze çarpan dişsel etki üst santral kesici dişler arasında diastema oluşmasıdır. Haas oluşan diastema miktarının genişletme miktarının yarısı kadar olduğunu rapor etmiştir [83]. Wertz ise suturen açılma miktarı ile dişler arasındaki açılma miktarı arasında herhangi bir korelasyon olmadığını bildirmiştir [101]. Genişletme işlemi tamamlandıktan sonra oluşan diastema, transseptal liflerdeki gerilimin etkisiyle üst santral diş kronları meziale doğru devrilir ve spontan olarak kendi kendine kapanır. Ancak ilk zamanlarda kök bölgesinde aralık kalmaktadır [132]. Santraller arasında kontak oluşmaya başladıktan sonra kökler meziale doğru drift yapmaya başlar ve köklerin başlangıç eksen eğimlerine geri dönmesi için geçen süre yaklaşık 4 ay olarak bildirilmiştir [83, 181]. Ayrıca santral dişler oral kasların etkisiyle

palatine doğru devrilir ve S-N düzlemine göre uzar [101]. Yaklaşık 6 ay sonra sütürda reorganizasyon tamamlanır [83].

Hızlı üst çene genişletmesinde üst santral dişlerden sonra en çok görülen değişiklik üst birinci molar dişlerdir. Genişletme sonucunda oluşan alveoler bending ve periodontal ligamentte sıkışma sonucunda posterior dişlerin uzun akslarında belirgin bir değişim olmaktadır [39]. Genişletme sonucunda dişler ve buldukları apikal kemik kaideleri yanaklara doğru devrilmektedir [39].

Dişler ve alveoler kemik arasındaki periodontal ligamentteki sıkışma miktarı sabit olmadığından dolayı diş ve apikal kemik kaidesindeki devrilme miktarı aynı düzeyde olmamaktadır. Hicks ve ark. molar dişlerdeki devrilme miktarı 1°-24° arasında değişebileceğini göstermiştir [103]. Aynı zamanda posterior dişlerde devrilme ile birlikte bir miktar ekstruzyon da görülmektedir [39]. Bu durum kapanışın açılmasına neden olmaktadır. Retansiyon döneminde çiğneme kuvvetleri ve uygulanan mekanikler sonucunda bu dişlerde dikleşme ve kökler ile kronların aks eğimleri normalleşmeye başlamaktadır [11].

Üst çenede darlık olan bireylerde mandibulada kompanzasyon mekanizması gelişmektedir ve bunun sonucunda mandibular ark kolloba olmaktadır. Genişletme apareyin kalınlığından dolayı dil önceki haline göre daha aşağıda konumlanır. Üst çene genişledikçe buksinatör kasların mandibular posterior dişler üzerindeki etkisi azalır ve dil-yanak dengesinin bozulması ile birlikte mandibular molar dişlerde dilin etkisi ile spontan bukkale doğru eğimlenme görülür. Sonuç olarak mandibular molarlarda dekompanzasyon yani dikleşme oluşur. Bu dikleşme sonucunda alt çene diş kavsi genişler [128]. Gryson ve ark. üst çene genişletme işlemi sonucunda mandibular molarlar arası genişlikte çoğu hastada hiçbir değişiklik olmadığını, ortalama 0,4 mm artış ve en fazla 1 mm artış olduğunu bildirmiştir [182].

Ayrıca hızlı üst çene genişletmesi sonucunda elde edilen yer miktarı hakkında farklı görüşler bulunmaktadır. Berlocher ve ark. 1 mm.'lik bir genişletmede 1 mm yer kazanımı olduğunu belirtmiştir [183]. Akkaya ve ark ise genişletme ile elde edilen yer miktarının, molarlar arası oluşan genişlik artışının 0,65 katı olduğunu belirtmiştir [184].

### 2.5.4.3. Yumuşak dokulara ve diğer yapılara olan etkisi

Hızlı üst çene genişletmesinin iskeletsel ve dentoalveolar yapılara etkisinin yanında yumuşak dokulara da etkisi bulunmaktadır. Ancak literatürde bununla ilgili çok sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.

Hızlı üst çene genişletmesi sonucunda yumuşak doku burun ucunda anteriora doğru ilerleme olduğu bildirilmiştir [112, 184]. Başka bir çalışmada alar kartilaj ve alar base genişliğinde 1,5 mm'den az genişleme olduğu ve puberte öncesi ve sonrası yapılan genişletmeler sonrasında nasal genişlik değişimleri arasında bir fark olmadığını rapor etmişlerdir [185].

Nada ve ark. yetişkin hastalara üst çene genişletmesinde CBCT kullanılarak yapılan hacimsel ölçümlerde üst dudağın geriye düştüğü ve yanak bölgesi projeksiyonunun arttığı gösterilmiştir [186]. Başka bir çalışmada ise genişletmeden hemen sonra üst dudakta protrüzyon, alt dudakta retrüzyon ve alt yüz yüksekliğinde artış olduğunu rapor etmişlerdir. 6 aylık retansiyon periyodu sonunda ise tedavi başına göre bu değerlerde anlamlı bir fark bulunmamıştır [187].

Aynı şekilde genişletme sonrası 1 yıllık retansiyon sonrasında yumuşak dokulara olan etkisinin fotoğraflar üzerinden değerlendirildiği başka bir çalışmada nazal genişlikte önemli değişiklikler olduğu ve yüz yüksekliğinde herhangi önemli değişiklik olmadığı rapor edilmiştir [188].

Hızlı üst çene genişletmesinde sırasıyla şu değişimler meydana gelmektedir;

1. Tensor ve levator veli palatini kaslarında gerilim oluşur
2. Östaki borusunun farinkse açılan bölümü genişler
3. Orta kulakta daha iyi havalanma olur
4. Bunların sonucunda iletim tipi işitme kaybı olan hastalarda işitmenin düzetilebileceği düşünülmüştür [189-191].

Hızlı üst çene işletmesi ile havayolu hacminin artması ile kanın oksijenlenmesinin arttığı düşünülmektedir. Ayrıca genişletme sonrasında gece idrar kaçırma oranlarında azalma veya gerileme olduğunu rapor etmişlerdir. Bunun sonucunda çocuklarda olabilecek psikolojik iyileşmenin bu durumu olumlu yönde etkileneceği bildirilmiştir [125].

### 2.5.5. Apareyler

Üst çeneyi genişletebilmek için sabit ve hareketli olmak üzere çok çeşitli aparey tasarımları bulunmaktadır [42, 71]. Sabit aparey tasarımları hareketli olanlara göre daha az hasta kooperasyonu gerektirmesinden dolayı daha güvenilirdir. Tedavide kullanılacak aparey tercihinde birden fazla parametre dikkate alınarak ortodontist tarafından belirlenecektir. Kullanılacak apareyin etkisinin ve tedaviden istenen cevabın tam olarak anlaşılabilmesi tedavilerde başarısızlığa neden olmaktadır [107].

Dikkat edilmesi gereken konular kısaca şu şekilde sıralabilir:

1. Hastanın yaşı
2. Ankraj ihtiyacı
3. Midpalatal suturen maturasyon derecesi
4. Posterior dişlerin angulasyonları
5. Tedaviden beklenen etki: İskeletsel mi ? Dental mi?
6. Üst posterior dişlerin periodontal durumu
7. Üst posterior alveolar kemik bölgesindeki kemik kalınlığı
8. Hastanın vertikal büyüme paterni ve maloklüzyon tipi

Üst çene darlığını düzeltmek için kullanılan genişletme apareylerini destek aldıkları bölgelere göre kısaca şu şekilde özetlenmiştir.

1. Diş destekli apareyler
  1. Hyrax apareyi
  2. Minne expander apareyi

3. Akriik cap splint genişletme apareyi
2. Diş-doku destekli apareyler
  1. Haas apareyi
  2. Modifiye akrilik splintli apareyi
3. Diş-kemik destekli apareyler (Hibrit apareyler)
4. Kemik destekli apareyler

#### **2.5.5.1. Diş destekli**

##### ***Hyrax apareyi***

'Hygenic RApid Expander' kelimelerinin kısaltmasından oluşan Hyrax apareyi 1968 yılında William Biedarman tarafından geliştirilen sadece diş destekli bir aparey tasarımıdır. Sadece metalden oluşan aparey tasarımında palatinal bölgede yer alan vidanın kollarının palatal konturlara uygun şekilde bükümü sağlanıp bantlar vasıtasıyla üst birinci premolar ve birinci molar dişlere simante edilmektedir. Tamamen metalden oluştuğundan dolayı akrilikten de destek alan aparey tasarımlarına göre daha hijyenik ve daha az mukozal doku irritasyonu mevcuttur [143]. Konuşmaya minimal seviyede engel olmaktadır. Klinisyenler tarafından sıklıkla tercih edilmektedir [192]. Zamanla bu aparey tasarımında çeşitli modifikasyonlar yapılmıştır.

Alessandri Bonetti ve ark. (1996) aşırı transversal yetmezliği olan hastalarda birden fazla vida ve cerrahi destek gerektiğinde kolayca çıkarılıp yenilenebilmesini sağlayan 'disconnectable rapid palatal expander' adını verdikleri bir aparey tasarımı üretmişlerdir. Bu aparey tasarımında birinci premolar ve birinci molar dişlere simante edilen bantların palatinalinde takılıp çıkartılmasını sağlayan slotlar bulunmaktadır. Bu slotlar vasıtasıyla aparey istenildiği zaman takılıp çıkarılabilmektedir [193].

Cozza ve ark. (1999) karma dişlenme döneminde "butterfly expander" ismini verdikleri aparey tasarımında süt azı dişlerinden destek almaktadır. Süt ikinci azı dişlere bantlanmış bir hyrax aparey modifikasyonunu kullanmışlardır [194].

Lamparski ve ark. vidanın premolarlara uzanan kollarının kesilmesi ve sadece birinci molarlardan destek alan lehimli iki bantlı genişletme aparey tasarımını önermiştir. Bu aparey tasarımında kuvvet direkt molar dişlere uygulanacak şekilde modifiye edilmiştir [119, 166]. Bu çalışmada geleneksel hyrax aparey tasarımı ile sadece iki molar dişten destek alan aparey tasarımının karşılaştırılması sonucunda iki grup arasında molarlar arası mesafe, kaninler arası mesafe ve oluşan diastema miktarı açısından istatistiksel olarak önemli farklar bulunmamıştır. Ayrıca midpalatal süturun ayrılması ve ark perimetresinde iki grup arasında çok küçük farklar olduğu saptanmıştır [119].

Wichelhaus ve ark. molar ve premolar dişlerdeki bantlara lehimlenen hyrax vidasının haznesinde sürekli kuvvet uygulanmasını sağlayan Ni-Ti açık coil springler bulduran 'Ni-Ti hızlı maksiller genişletme vidasini (Hafızalı vida)' adını verdikleri hyrax modifikasyonunu üretmişlerdir [123].

Hafif orta dereceli üst çene transversal yetersizliği olan olan geç karışık ve erken daimi dişlenme dönemi hastalarında Hyrax, daha şiddetli darlığı olan erken daimi dentisyon veya orta dereceli darlığı olan geç dönem adolesanlarda Haas apareyinin daha uygun olduğu belirtilmiştir. Aparey seçimi yaparken hastanın yaşı ve ankraj gereksinimi dikkatle incelenmelidir. Geleneksel Hyrax aparey tasarımının üst anterior ve alt dişler üzerinde daha etkili olduğu rapor edilmiştir [78].

### ***Minne expander apareyi***

Bu aparey tasarımı Isaacson tarafından Minnesota Üniversitesinde geliştirmiştir [120]. Bu tasarımda birinci premolar ve molar dişlerde bulunan bantlara lehimlenen vida yaya bağlanmıştır ve vida çevrildikçe yayı sıkıştırıp aktivasyon kuvveti uygulamaktadır. Yapılan üst çene genişletmelerinde dengeli iskeletsel ve dental etkiler olduğu ve elde edilen etkilerin diğer apareylerden çok farklı olmadığı belirtilmiştir [195].

### ***Cap Splint Aparey Tasarımları***

Bu aparey tasarımları ilk defa Timms tarafından 1981 yılında tanıtılmıştır. Sadece dişlerden destek alan bu aparey tasarımında üst santral dişler dışındaki diğer tüm dişlerde krom-kobalt döküm plak ve bir vidadan oluşur [138]. Bu aparey tasarımı zamanla modifikasyona uğrayarak döküm yerine akrilikten yapılmaya başlanmıştır.

### ***Akrilik cap splintli üst çene genişletme apareyi***

Cohen ve Silverman tarafından 1973 yılında tanıttıkları aparey tasarımında, premolarlar arasına konan bir vida ve posterior dişlerin bütün yüzeyleri akrilikle kaplı olan “Mc Namara Type” olarak da adlandırılan diş destekli genişletme ağızdışı aygıtıdır [145, 160].

Akrilik cap splintli apareyin avantajları;

1. Rijit olması ; Dişlerde daha az tipping ve ekstruzyon [31, 113],
2. Daha fazla iskeletsel etki [113],
3. Dişlerin okluzalindeki akrilik kalınlığı artırılarak ve eş zamanlı ağızdışı aygıt kullanımına izin vermesi; Daha iyi vertikal kontrol [131, 196],
4. Yapımı ve hastaya uygulanması kolay,
5. Posterior bite blok etkisi sonucunda; anterior çapraz kapanışın düzeltilmesi kolay [197],
6. İntrusiv etkisi sonucunda mandibulanın posteriora rotasyon miktarının azalması [198],
7. İnterdijitasyonun kaldırılması sonucunda çeneler arasındaki sınırlayıcı etki ortadan kalkması sonucunda; alt posterior dişlerin kamuflajının spontan düzelmesi ve üst çene sütural açılmanın daha kolay olması [31, 113, 158],
8. Alt çene serbestlendiği için eklemde oluşabilecek mikrotravmaları minimize etmesi [158],
9. Karma dentisyonda retansiyon sağlamak diğer apareylere göre daha avantajlı [199],

10. Dişlerde daha az kök rezorpsiyonu [65],
11. Farklı vida sistemlerinin (yelpaze tipi) kolayca uygulanabilmesi [131] avantajları olarak sıralanabilir.

Akrilik cap splintli apareyin dezavantajları;

1. Hijyen problemleri
2. Diş etlerinde kızarıklık, kanama, şişme, diş eti çekilmesi ve koku
3. Konfor problemleri[131, 200]

Asanza ve ark. bonded ve banded apareylerin karşılaştırıldığı çalışmasında bonded aparey tasarımında sagittal yönde üst çenenin ileri yönde daha az hareket etmesi, yüzün vertikal yön kontrolünü daha iyi sağlamasının yanında posterior dişlerdeki devrilme miktarı ve simetrik genişletme açısından fark olmadığını bildirmişlerdir [201]. Buna karşın Memikoğlu ve ark. ise bantlı grupta bonded gruba göre daha az posterior dişlerde devrilme ve daha fazla overbite miktarında azalmanın ve daha az iskeletsel cevap olduğunu rapor etmiştir [202].

Literatürde akrilik cap splint aparey tasarımına ait farklı modifikasyonlar bulunmaktadır. Reed ve ark. ortasında genişletme vidası ve posterior dişler-palatinal yumuşak dokuyu akrilikle kaplı olan diş-doku destekli bonded bir apareyi kullanmışlardır [203]. İşeri ve Özsoy, Reed ve arkadaşının kullandığı apareye ek olarak üst keser dişlerin palatinallerine kadar akrilik kısmı uzanan bir başka apareyi kullanmışlar ve diş-doku destekli apareyler ile transversal yönde daha etkili sonuç alınacağını belirtmişlerdir [113]. Başçiftçi ve Karaman ise tüm dişlerin bukkal ve palatinal yüzeylerini kaplayan diş-doku destekli modifiye akrilik bonded apareyini kullanmışlardır. Genişletme için hyrax vidası kullanarak apareyin rijiditesinin arttığını belirtmişlerdir [27].

Orhan ve ark. yaptığı modifikasyonda tüm dişlerin yüzeyi akrilik ile kaplanmaktadır. Palatal mukozada akrilik yastıkçıklar dokudan destek almasından dolayı hem doku hem de diş destekli olarak nitelendirilir. Anteriorda akrilik olması midline diastemanın dudak basıncıyla kendi kendine kapanmasını önlemektedir [204]. Bu durum Sınıf III

vakalarda overjetin korunması açısından faydalı olabilmektedir. Bu apareyin bir başka avantajı ise tüm dişlerden destek alması ve dolayısıyla daha az kök rezorpsiyonu riski taşımasıdır [204]. Ancak tüm palatal mukozanın ve dişlerin akrilik ile kaplı olması ağız hijyenin sağlanmasını zorlaştırmaktadır.

### ***Fan tipi genişletme apareyi***

Fan tipi hızlı üst çene genişletme aygıtı Schellino ve ark. tarafından tanıtılmıştır. Bu aparey tasarımı "Ragno" ismini verdikleri örümcek şeklinde bir vida yardımıyla maksillanın posterior bölgesinde açılmayı kısıtlayan ve maksillanın sadece ön bölgesinin açılmasını sağlayan 'fan type' vida tasarımını tanıtmışlardır [205]. Hızlı üst çene genişletmesinde olduğu gibi yarı hızlı üst çene genişletmesinde de bu aparey çok klinisyen tarafından kullanılmaktadır [31, 113, 202].

Bu aparey tasarımı bonded ve banded şekilde farklı dizaynlarda kullanılmaktadır. Doruk ve ark. tüm maksiller dişleri ve palatinal bölgeyi kaplayan akrilik bonded apareyde, apareyin her aktivasyonunda vidanın arka bölümünde bulunan menteşenin etrafında dönerek anteriorda daha fazla genişletme yapan 'fan type' genişletme vidasını farklı dizaynla kullanmışlardır. Bu çalışmada fan tip ekspansiyon apareyinde klasik hızlı üst çene genişletme apareylerine göre ön dişler arası mesafede daha çok artış ve üst kesicilerde labilite devrilme olduğu rapor edilmiştir [172].

Liou, fan type vidasını modifiye ederek iskeletsel sınıf III hastalarda kullanmıştır. Bu modifikasyonda çift menteşeli genişletme vidasından çıkan kollar üst birinci molar ve premolar bantlarına lehimlenir ve sonrasında üst anterior dişlerin palatinal bölgelerine kompozit aracılığıyla yapıştırılır [206].

### **2.5.5.2. Diş-doku destekli apareyler**

#### ***Haas apareyi***

Andrew Haas tarafından 1961 yılında geliştirilen aparey tasarımında damağın sağ ve sol yan duvarlarında akrilik yastıkçıklar ve üst birinci premolar ve birinci molarlardaki bantlar bukkal ve palatinalden barlar ile birbirine bağlıdır. Bu şekilde hem diş hem de dokudan destek alınarak daha fazla ortopedik hareket, dişlerde daha az devrilme ve sütural açılma olması beklenmektedir [99, 181]. Apareyin dezavantajı hijyenik

olmaması ve yumuşak doku irritasyonları olarak rapor edilmiştir [78, 83, 99]. Cozzani ve ark. (2003) Haas apareyine benzer olan karma dişlenme döneminde süt ikinci azı dişlerini bantlayarak ve süt köpek dişlerini bantlamadan modifiye ederek kullanmışlardır [207].

### **2.5.5.3. Diş-kemik destekli (hibrit) apareyler**

Hem diş hem de kemikten destek alan aparey tasarımı literatürde ilk defa Ludwig ve ark. tarafından 2007 yılında “Hibrit Hyrax” apareyi olarak tanıtılmıştır [208]. Apareyin ortaya çıkış amacı; yeterli dişsel desteğin olmadığı vakalarda birinci molar dişler ile ankraj amaçlı anterior palatinal bölgeye yerleştirilen iki mini vidadan destek alarak hızlı üst çene genişletmesi yapılmasıdır. Hibrit apareylerde vakanın ihtiyacına göre çeşitli modifikasyonlar yapılmıştır. Yüz maskesi planlanan hastalarda kullanılarak başarılı sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir [209]. Nienkemper ve ark. yüz maskesi ve hibrit hyrax uyguladığı vakalarda kemik desteği alınmasından dolayı istenmeyen dental etkilerin önlendiğini ve etkili bir ortopedik etki sağlandığını rapor etmişlerdir [210]. Wilmes ve ark. anterior palatinal bölgede 2 minivida ve birinci molarlardan destek alan Hyrax aparey dizaynında “Benefit Sistem” adını verdikleri bir sistem geliştirmişlerdir. Bu aparey dizaynı ile üst çene genişletmesi yaptıkları farklı vaka raporları bildirmişlerdir [211, 212]. Garib ve ark. hibrit aparey ile geleneksel apareyleri karşılaştırdığı çalışmasında hibrit apareyde daha az bukkal tipping olduğunu rapor etmiştir [213].

### **2.5.5.4. Kemik destekli apareyler**

Mommaerts tarafından 1999 yılında “Transpalatal Distraktör (TD)” adını verdikleri aygıt tasarımı ile kuvveti direk kemiğe iletilmesini sağlayan iskeletsel ankraj destekli maksiller genişletme apareyini literatüre tanıtmışlardır [161]. Daha sonra sırasıyla Pinto ve ark., [102], Zahl ve Gerlach [214], Gerlach ve Zahl [215] tarafından kullanılmış ve ortodonti pratiğinde kullanımı genişlemeye başlamıştır. Sonrasında Harzer ve ark. 2004 ve 2006 yıllarında yaptıkları iki farklı çalışmalarında miniplaklar yerine daha az invaziv olan onplant ve dental implant gibi iskeletsel ankraj apareylerini kullanmışlardır [216, 217]. Metal onplant disklerinden veya mini implantlardan destek

alan bu sistemler diş desteği olmadan genişletme kuvvetini direk maksiller kemik kaidesine ileten genişletme apareyleridir [218]. Literatür incelendiğinde kemik destekli bu aygıtlarla gerçekleştirilen hızlı üst çene genişletme uygulamaları için minivida destekli hızlı üst çene genişletmesi veya mikro-implant destekli hızlı üst çene genişletmesi tanımlaması kullanılmaktadır. Uygulanan aygıtların İngilizce ifadesi 'Minisrew assisted rapid palatal expansion (MARPE)' şeklinde olduğu için bu tez çalışmasında minivida destekli hızlı üst çene genişletmesi ifade edilirken MARPE kısaltmasının kullanılması tercih edilmiştir.

Kemik destekli apareylerde diş destekli apareylere göre dişlerde vitalite kaybı, kök rezorpsiyonu, tipping, ekstrüzyon, fenestrasyon-dehissense gibi istenmeyen yan etkiler elimine edilmektedir [83, 101, 216]. Kemik destekli apareylerde maksillanın direnç merkezine daha yakın kuvvet uygulandığından dolayı daha fazla paralel hareket beklenilmektedir [219]. Ayrıca çevirme protokolü tamamlanmasının ardından minividalar üzerine yerleştirilen sabitleme parçasıyla retansiyon döneminde direk tedaviye başlanabilmektedir [161]. Günümüzde iskeletsel ankraj destekli üst çene genişletme apareylerinin tasarımlarında farklı tipte, lokasyonda ve sayıda minividalar kullanılarak ve diş desteği de eklenerek birçok modifikasyonlar uygulanmış ve kullanımı yaygınlaşmıştır [5, 218, 220-223].

Erişkin hastalarda midpalatal süturun progresif kalsifikasyonu ve kraniyofasiyal süturların yaş ilerledikçe iç içe geçmelerinin artmasından dolayı kemik destekli aparey tasarımları uygulandığında bile ayrılmaya karşı direnç gelişebilmektedir. Özellikle büyüme ve gelişim döneminin sonundaki ve cerrahi işleme karşı isteksiz olan hastalarda midpalatal süturda kortikopuncture destekli MARPE uygulaması geliştirilmiştir [3, 224, 225]. Suzuki ve ark. yapmış oldukları çalışmada üst çenenin genişletilmesi prosedüründe midpalatal süturda kortikopuncture ve vida aktivasyonu yaptıkları vaka raporunda CBCT görüntülerinden elde edilen iskeletsel sonuçlar şu şekildedir ; süturda premolar arasında 3.14 mm ve molar arasında 2.06 mm ayrılma, premolar bazal kemik bölgesinde 4.3 mm ve molar bazal kemik bölgesinde 3.03 mm artış, kortikal kemik genişliğinde premolarlar bölgesinde 4.43 mm ve molar bölgesinde 3.1 mm artış görülmesi ile birlikte 1,2° diş tippingi ile minimal dental değişiklikler olduğu rapor edilmiştir [3].

## 2.6. Cerrahi Destekli Hızlı Üst Çene Genişletmesi

Pre-adolesan ve adolesan dönemde görülen posterior çapraz kapanış sadece geleneksel hızlı üst çene genişletmesi ile tedavi edilebilirken, yaşın ilerlemesi ile erişkinlik döneminde ekspansiyona karşı direnç artmaktadır [160]. Erişkinlerde yaşın ilerlemesi ile birlikte RME sonucunda görülen yan etkiler bildirilmiştir: aktivasyon ile şiddetli ağrı, genişleme başarısızlığı, alveoler kemikte dehissens, bukkal kron devrilmesi, kök rezorpsiyonu, bukkal kemik kalınlığında azalma, marjinal kemik kaybı, ağrı, ödem, diş eti çekilmesi [82, 226]. Yetişkin hastalarda bu yan etkileri minimuma indirebilmek için cerrahi osteotomiler ile desteklenen hızlı üst çene genişletmesi ile bazal kemiğin ortopedik olarak genişletilmesi gerekmektedir [126].

Cerrahi destekli hızlı üst çene genişletmesi (SARME) ilk defa Brown tarafından bahsedilmiştir [227]. Birkaç yıl sonra, yalnızca lateral osteotomilerle SARME'nin daha basit ve daha etkili bir prosedür olduğu rapor edildi [228, 229]. Heiss ilk defa anterior maksillada midline ayırmayı rapor etmiştir [230]. Isaacson ve Ingram midpalatal suture rezistans bölgesi olarak görülmesine rağmen yaşın ilerlemesi ile kraniofasiyal bölgedeki iskeletsel yapıların maturasyonu ile asıl direnç noktalarının midpalatal suture dışındaki maksiller artikülasyonlar olduğunu rapor etmiştir [120]. Wertz zigomatik bölgedeki dirençten dolayı midpalatal suturen paralel açılmadığını bildirmiştir [101]. Sonraki yıllarda ekspansiyona karşı gelişen direnç bölgelerinin midpalatal suture, zigomatikotemporal, zigomatikofrontal and zigomatikomaksiler suture olduğu rapor edilmiştir [231, 232]. Bu bölgelerde direnç noktalarının tespit edilmesi sonucunda cerrahi destekli üst çene genişletmesinde çeşitli osteotomi hatları belirlenmiştir [233]. Üst çene genişlemesine bağlı orta yüz bölgesinde lateral kuvvetlere karşı direnç alanları apertura piriformis (anterior), zigomatik buttress (lateral), pterygoid bileşke (posterior) ve midpalatal suturedür (medyan).

SARME tekniği üst çene darlığı olan erişkin hastalarda sıklıkla kullanılan bir yöntem olmasına rağmen literatürde yapılan çalışmalarda cerrahi teknik, kullanılan aparey (diş

veya kemik destekli) ve relapsın sıklığı-nedeni ile ilgili henüz net bir konsensüs oluşmamıştır [234].

## **2.7. Gerilme Analiz Metodları**

Ortodontik tedavilerde diş hareketi ve çenelerde hareket oluşturabilmek için istenilen yönde kuvvetler uygulanmaktadır. Uygulanan kuvvetler sonucunda dişler, periodonsiyum, destek dokular, süturlar ve kraniyofasiyal yapılar üzerinde gerilme bölgeleri oluşmaktadır. Literatürde gerilme noktalarının lokalizasyonunu ve şiddetini saptamak amacıyla çeşitli gerilme analiz yöntemleri mevcuttur. Ortodontide gerilme dağılımlarının analizi uzun yıllardır ortodontistlerin yoğun ilgisini çekmektedir.

Sıklıkla kullanılan yöntemler :

- 1) Fotoelastik Kuvvet Analiz Yöntemi
- 2) Kırılgan vernik tekniği (brittle lacquer)
- 3) Holografik interferometre (Lazer Işını ile Kuvvet Analiz Yöntemi)
- 4) Termografik stres analiz yöntemi
- 5) Gerilim ölçer stres analiz yöntemi (Strain-gauge)
- 6) Radiotelemetri
- 7) Denek Hayvan Çalışmaları
- 8) Sonlu elemanlar analizi

### **2.7.1. Fotoelastik kuvvet analiz yöntemi**

Fotoelastisite analizi, bir materyale uygulanan kuvvetlerin neden olduğu yüzeydeki birim deformasyonlar ile gerilmelerin ölçülmesinde yaygın olarak kullanılan bir gerilim ölçüm tekniğidir [235]. Genel prosedür, fotoelastik olarak bilinen materyalden incelenecek yapının bir modelinin oluşturulmasıdır. Bu yöntem ile geometrik şekle sahip olmayan cisimlerde kuvvetin akışı gözlenmektedir. Saydam cisimlere uygulanan

polarize ışığın çift kırılmasıyla ortaya çıkan titreşimleri ölçmektedir. Bu titreşimler materyalden farklı hızlarda dikey titreşimleri oluşur. Polariskop cihazı ile titreşimler izlenerek oluşan faz farkı ölçülür [236]. Polariskop aracılığıyla görülen renkler gerilmelerin dağılımını ve yüksek gerilme bölgelerini gösterir. Polariskoba yerleştirilen optik dönüştürücü (kompansatör) ile gerilme analizleri kolay ve hızlı bir şekilde yapılabilmektedir. Hangi bölgelerin daha çok basınca maruz kaldığı, hangi bölgelerin zayıf olduğu ve materyalin ne şekilde yapılmasının uygun olacağı ile ilgili hem görsel hem de sayısal olarak bilgi sağlamaktadır. İncelenen yüzeyde görülen renklere göre yüzeyde oluşan deformasyonlar ve bu deformasyonlara karşılık gelen gerilmeler optik cihazlarla ölçülerek hesaplanmaktadır [235].

### **2.7.2. Kırılğan vernik tekniği ile kuvvet analiz yöntemi**

Bu yöntemde analiz edilecek modelin üzerine vernik sürüldükten sonra model fırınlanır. Fırınlanan model üzerine istenilen yön ve şiddette kuvvet uygulanır. Modelde verniğin gerilme direncinin üstünde uygulanan kuvvet sonucunda kuvvetin yoğun olduğu bölgelerde çatlaklar oluşur. Bu çatlaklar kuvvet hatlarının yönünü göstermektedir [237].

### **2.7.3. Holografik interferometre (lazer ışını ile kuvvet analiz yöntemi)**

Hologram, cisimlerin üç boyutlu görüntüsünü elde etmek için kullanılmaktadır. Işık kaynağından çıkan iki lazer ışın demetinin karşılıklı etkileşimi ile oluşan mikroskobik girişim saçaklarının kaydedilmesidir. Bu yöntem ile ışığın girişim ve kırınım olaylarından faydalanılır. İnterferometre aleti ile ışık girişim saçakları uzaktan ölçülür. Bunun sonucunda cisimler üzerindeki mesafe ve yer değiştirme miktarı kaydedilir. Işın verilmesi sırasında obje baskı altında hareket ettirildiğinde holografik görüntüde şekillenen saçakların değerlendirilmesi ile sonuca gidilir [238]. Holografinin kullanıldığı ilk dental analiz 1972 yılında Wictorin ve ark. tarafından lehimli restorasyonlar üzerinde yapılmış ve lehim bölgesindeki defektler bu yöntemle tespit edilmiştir [239]. Ortodonti alanında yapılan çalışmalar daha çok kesici dişlerin yer değiştirmesi ile ilgilidir. Literatürde yapılan çeşitli çalışmalarda peridontal

dokulardaki kemik kaybı, travmatik oklüzyon, ortodonti ve protetik uygulamaların etkilerinin bu yöntemle oldukça hassas ölçülebildiği açıklanmıştır [240].

#### **2.7.4. Termografik stres analiz yöntemi**

Bu yöntem izotropik homojen bir dental materyale devamlı olarak kuvvet uygulandığı zaman meydana gelen ısısal değişikliklerin oluşan stresler ile doğru orantılı olduğu teoremine dayanmaktadır. Canlı dokularda termal değişimlerin incelenememesi bu yöntemin dezavantajıdır.

#### **2.7.5. Gerilim ölçer stres analiz yöntemi (strain-gauge)**

Gerilim ölçer, model üzerindeki basınç-kuvvet gibi fiziksel özellikler sonucunda oluşan doğrusal boyutsal değişikliklerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Mekanik, mekanik-optik, optik, akustik, elektrik ve elektronik bünyeye sahip çeşitleri ile gerilim altındaki boyutsal değişiklikleri detaylı inceleme imkanı sunmaktadır. Elektriksel olanda kalibre edilmiş elektriksel direnç elemanları bulunmaktadır. İletkenin elektrik direncinin değişmesi prensibine dayanır. Gerilim ölçer cihazının uçları iç gerilmelerin ve şekil değişikliğinin incelenmek istendiği bölgelere konulur. Elde edilen boyut değişikliği ve gerilim değerleri kaydedilir [241].

#### **2.7.6. Radiotelemetri**

Birleşik bir donanım ve yazılım yardımı ile materyale bağlantısı olmadan verilerin transferini sağlayan bir sistemdir. Bu yöntem bir alıcı, materyal üzerine yapışan gerilim ölçer, gerilim ölçer yükselticisi, güç kaynağı, radiotransmitter, anten ve bir kayıt cihazından oluşmaktadır. Bir gerilim ölçer modele sabitlenir. Modele kuvvet uygulandığında gerilim ölçerdeki direnç farkı voltaj düşmesine neden olur. Bu durum radiotelemetrinin frekansını ayarlar [242].

#### **2.7.7. Denek hayvan çalışmaları**

Bu yöntem ile canlı dokularda çeşitli uyarılara karşı oluşan cevaplar incelenebilmektedir. Ancak tüm elde edilen verileri insan dokularında ne kadar etki

edeceğini uyumlandırmak ve insana ait destek yapıların gerçek cevabını tahmin etmek mümkün olmamaktadır.

### **2.7.8. Sonlu elemanlar analizi**

Sonlu elemanlar yöntemi (Finite Element Method-FEM), 1943'te Richard Courant tarafından geliştirilen, diş hekimliğinde de kullanılan matematiksel bir araçtır [243]. Bu yöntemle dişler, periodontal ligament, alveol kemiği ve süturlar gibi farklı materyal özellikleri gösteren ve düzensiz geometriye sahip yapılardaki stres dağılımı ve farklı eksenlerdeki yer değiştirme miktarı analiz edilebilmektedir.

Sonlu elemanlar analizi "parçadan bütüne gitme" prensibine dayanan numerik bir yöntemdir. Sonlu elemanlar; iki veya üç boyutlu yapıların bir parçası veya bir bölgesidir. Deneysel ortamda çözümü oldukça zor karmaşık geometrideki yapıları ve mekanik problemleri çözmek için bir bütünü küçük ve yalın parçalara ayırarak ve yüzey şekil fonksiyonlarını kullanarak tek tek analiz etmeyi hedeflemektedir [244]. Biyomekanik açıdan incelenmek istenen yapıların belirli sayıda elemanlara bölünerek dış kuvvetler altında çeşitli bilgisayar yazılımları ile gerçekleştirilen sonlu elemanlar analizi ile cisimler üzerinde oluşan stres dağılımı, şekil ve yer değiştirme miktarı belirlenmesi amacıyla kullanılan sayısal bir yöntemdir [245]. Elde edilen verilerin daha kolay bir şekilde yorumlanabilmesi için modellerin renkli görüntüleri elde edilmektedir. Model üzerinde incelenmek istenen bölgelerden alınan kesitlerde her renk bir değer dizisini temsil etmektedir. Renk aralığına karşılık gelen değerler ise görüntülerde bir renk skalası ölçeği ile gösterilir [245-247]. Daha sonra bu değerler problemin tümü için yorumlanır. Bu yöntemin ilk ve en geniş uygulama alanı "gerilme analizi"dir. Sonraları ısı analizi, akışkan analizi, piezoelektrik analizi, elektrik analizi vb. alanlarda da kullanılmıştır [248].

Sonlu elemanlar analizi ilk olarak 1950'li yıllarda uzay mühendisliğinde yapısal problemleri çözmek amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. İlk kullanıcılar Boeing, Bell Aerospace ve Rolls Royce firmaları olmuştur. Literatürde yayınlanan ilk makale 1956 yılında Turner ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Akışkanlar mekaniği, ısı transferi, elektromanyetik analizler, akustik ve biyomekanik gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Günümüzde makine, elektrik, uçak, inşaat, hidrodinamik, atom gibi

çeşitli mühendislik alanlarının yanı sıra, tıpta ortopedi, kalp ve damar cerrahisi, estetik cerrahi dallarında da kullanılmaktadır [249]. Analiz edilen modellerde gerilme, gerinim, yer değiştirme ve sıcaklık dağılımı gibi parametreler sayısal olarak ifade edilebilmektedir [250, 251].

Literatürde diş hekimliğinde sonlu elemanlar analizi ile ilgili yapılan ilk çalışma Ledley ve Huang'ın 1968 yılında yaptıkları araştırmadır. Bu çalışmada, bir diştin matematik modeli elde edilmiştir. Elde edilen matematik modeline çeşitli yönlerde kuvvetler uygulanmıştır. Yapılan analiz sonucunda kuvvetlerin dişi destekleyen kemik dokusunda meydana getirdikleri gerilmeler değerlendirilmiştir [252]. Yöntemin bugünkü anlamıyla diş hekimliğinde uygulanması ise [252] ; 1970'li yıllarda Farah ve arkadaşlarının yaptıkları araştırma ile başlamış, son 20 yıldır da implant, tedavi ve protez alanlarında da kullanılmıştır. Ortodonti alanında yapılan ilk çalışma ise Davidian ve ark. tarafından 1971 yılında üst orta kesici dişin teorik rotasyon merkezini bulmak için gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada dişe uygulanan kuvvet sonucunda periodonsiyumda oluşan mekanik cevap, rotasyon ve direnç merkezinin yerlerinin değişimi gözlenmiştir [253]. Günümüzde bu analiz metodu protetik tedavi, implantoloji, ortodonti ve restoratif diş hekimliği çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [250].

Sonlu elemanlar analizi boyutlarına göre 1 boyutlu, 2 boyutlu, 3 boyutlu, izoparametrik, dönel elemanlar olarak sınıflandırılmaktadır. Düğüm sayısındaki bilinmeyene ve problemin özelliklerine göre; plak , levha , kabuk problemleri olarak sınıflandırılabilir [244, 254]. Diş hekimliğinde sonlu elemanlar analizi ile materyalin 2 veya 3 boyutlu analizi sağlanabilmektedir [254]. Her iki analiz yöntemi de diş hekimliğinde kullanılabilir. Ancak materyallerin çeşitliliği, kompleks yapısı ve 3 boyutlu morfolojisi dikkate alındığında çalışmalarda 2 boyutlu yöntem yetersiz kalmaktadır. Üç boyutlu yöntem ile kompleks anatomik geometrik yapıların simülasyonunun sağlanması çok daha etkindir. Bu amaçla son yıllarda bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MR) ve konfokal mikroskoplarda sağlanan gelişim sayesinde biyolojik görüntüleme oldukça ilerlemiştir. Bu sayede herhangi bir katmanın seri kesitlerinin alınması mümkün olmaktadır. Taranmış olan yapıların görüntüsü de bir şablon görevi görür ve sanal modeller oluşturulur [255].

Biyolojik yapıda düzensiz yüzeyler ve olası boşluklar modelleme yapmayı güçleştirdiğinden dolayı 3 boyutlu yöntem daha fazla mühendislik bilgisi gerektirmektedir [250, 255].

#### **2.7.8.1. Avantajları**

1. Karmaşık bir geometriye sahip cisimlerin güvenle analiz edilebilmesi ve elde edilen sonuçların hassaslığının kontrol edilebilmesi
2. İstenilen sayıda değişik malzeme ile farklı modeller oluşturulabilir.
3. Girişimsel olmayan (non-invaziv) metot olması
4. Çok yönlü ve esnek bir sistem olması
5. Uygulanan kuvvetlerin cismin herhangi bir noktasında oluşturduğu stresler ayrı ayrı ölçülebilmesi
6. Ortam geometrisinin düzensiz ve farklı malzeme özelliklerine sahip yapılara uygulanabilmesi
7. Tekrarlanabilir ve bulunan verilerin duyarlılığının kontrol edilebilir olması
8. Sınır şartlarının kolayca uygulanması
9. Yazılımlar sayesinde gerçeğe çok yakın modeller elde edilebilmesi
10. Gerilme, gerinme ve yer değiştirmelerin hassas bir şekilde hesaplanabilmesi
11. Çeşitli katmanlardan oluşan objelerin, katmanların fiziksel özellikleri ve katmanlar arası birleşim özelliklerini yansıtacak şekilde modellenebilmesi
12. Isı transferi, manyetik alan, gerilme analizi gibi birçok alanda kullanılabilmesi
13. Analiz sonuçlarının çok kısa sürede elde edilebilmesi [245, 250, 256]

#### **2.7.8.2. Dezavantajları**

1. Maliyetli ve patentli programların kullanılması
2. Programların sıklıkla güncellenmesi ve daha sağlıklı sonuçlar alınması için son sürüme sahip olunması

3. Kullanılacak malzemelerin özellikleri ve uygulanacak kuvvetlerin sisteme girişi tamamen araştırmacıya bağımlı olması araştırmacılar arasında farklı sonuçlara sebep olabilir
4. Malzemenin fiziksel verilerinin ve eleman verilerinin temininde ve bilgisayara yüklenmesinde yapılan hatalar sonucu olumsuz yönde etki edebilir
5. Sonlu elemanlar metodu verilen teori kadar doğrudur. Verilerin programa tanımlanmasında hata payı bulunması
6. Programların kullanımı için özel eğitim ya da profesyonel destek gerekmesi
7. Daha kesin sonuçlar, daha küçük eleman boyutları ile elde edilecektir. Eleman boyutlarının küçülmesi ise daha büyük bilgisayar hafızası gerektirir. Buna göre bilgisayar hafızasının sınırlı oluşu çözümün hassasiyetine bir sınırlama getirecektir
8. Kompleks anatomik yapıların tamamının modellenememesinden dolayı kullanılan materyaller homojen, lineer, izotropik olduğu varsayılmaktadır.

Sonuçları yorumlamak güçtür ve çaba gerektirir [245, 250, 256].

### **2.7.8.3. Biyomekanik ile ilgili temel kavramlar**

#### **Kuvvet**

Cisimlerin hareket durumlarını ve/veya şekillerini değiştirebilen vektörel büyüklük kuvvet olarak tanımlanmıştır [257]. Kuvvet doğrultu, yön ve şiddet gibi özelliklere sahiptir. Birimi “Newton (N)” ve  $N=kg.m/s^2$  olarak formüle edilmektedir. Literatürde kuvvetlerin büyüklükleri genelde ‘gram-kuvvet ’(gf) cinsinden verilmektedir. 1 newton, 101,97 gram-force’a eşittir [258]. Kuvvet terimi iç ve dış kuvvet olmak üzere iki alt başlıkta incelenebilir; Dış kuvvet diğer cisimler tarafından yapılan etki olarak tanımlanırken, iç kuvvet ise cismin varsayılan çeşitli parçaları arasındaki etki ve tepki kuvvetlerine denir. Mekanik bir cismin tüm yüzeyine etki eden kuvvetler incelenirken cisim önce parçalara ayrılır ve her parça sanki diğerinden bağımsızmış gibi ayrı bir cisim gibi düşünülür [259].

## **Stres(Gerilim)**

Stres (Gerilme), bir cisme dışarıdan uygulanan bir kuvvete karşı, cismin birim alanında oluşturduğu direnç olarak tanımlanmaktadır. Gerilim birimi uluslararası birim sisteminde “n/m<sup>2</sup>”olarak tanımlanmıştır ancak bazı kaynaklarda PSI (pounds per square inch) ve P(pascal) ile de ifade edilmektedir (1 Pa=1 N/m<sup>2</sup>)[259]. Ortodonti literatürde yapılan çalışmalarda incelenen boyutlar milimetrik olduğundan dolayı Mega pascal terimi (MPa) ile ifade edilmiştir (1 MPa=10<sup>6</sup> Pa) [260]. Yunan sigma sembolü ( $\sigma$ ) ile temsil edilmektedir.

Gerilme şu şekilde formüle edilmektedir: [261].

$$\sigma \text{ ( Stres, pascal )} = F \text{ ( newton )} / A \text{ ( m}^2, \text{ mm}^2)$$

Uygulanan kuvvet sonucunda cisimde sıkışma gerilmesi (compressive stress), çekme gerilmesi (tensile stress) ve makaslama gerilmesi (shear stress) olmak üzere 3 farklı tipte gerilme oluşmaktadır . Genelde kuvvet uygulanan cisimlerde sadece bir gerilme yerine bu üç gerilmenin bir arada görüldüğü bileşik gerilme durumları meydana gelmektedir. Bu gerilme tipleri [259, 262] :

**Sıkışma Gerilmesi (Compressive Stress):** Aynı doğrultuda ve aynı yönde iki kuvvetin oluşturduğu stres tipidir. Cismin moleküllerinin birbirine yaklaşmasına neden olur.

**Çekme Gerilmesi (Tension stress):** Aynı doğrultuda ancak ters yöndeki iki kuvvetin oluşturduğu stres tipidir. Cismin moleküllerinin birbirinden uzaklaşmasına ve bütünlüğünün bozulmasına neden olur.

**Makaslama Gerilmesi (Shear Stress):** Farklı düzlemde ve ters yöndeki paralel iki kuvvetin cisim üzerinde oluşturduğu stres tipidir. Cismin moleküllerinin birbiri üzerinde yüzeye paralel yönde kaymaya zorlar [263].

## **Asal Gerilme (Principal Stress)**

Asal gerilme; üç boyutlu elemanlarda makaslama gerilimlerinin bütün düzlemlerde sıfır olduğu ve bütün gerilmelerin sadece bölgeye dik yönde olan normal gerilmelerden oluştuğu gerilmeler olarak tanımlanmaktadır. Maksimum asal gerilme, ara asal gerilme ve minimum asal gerilme olarak üç gruba ayrılır. 3 tip gerilmenin bir arada

bulunduğu gerilme haline bileşik gerilme denilmektedir. Yük uygulanan cisimlerde genellikle bileşik gerilme hali görülmektedir [261, 263, 264]. Kemik benzeri kırılğan maddelerde asal gerilim değerlerinden kullanılır.

Sıkışma ve çekme gerilmelerinin dağılımı asal gerilme dağılımına göre incelenir. Maksimum Asal Gerilme (Pmax) en yüksek çekme gerilmelerini temsil eden pozitif bir değerdir. Minimum Asal Gerilme (Pmin) en yüksek basma gerilmelerini temsil eden negatif bir değerdir. Bir stres elemanında bir düğüm noktasında hangi stres tipi daha büyük mutlak değere sahipse o stresin etkisi daha belirgindir [247, 261, 263]. Örneğin nesne üzerindeki düğüm noktasında gerilme tipi stres 70 Mpa, sıkışma tipi stres – 30 Mpa ise, o düğüm noktasında gerilme tipi stres daha etkindir ve dikkate alınması gereken ana stres değeri gerilme stresidir.

### **Von Mises Gerilmesi (Von Mises Stress)**

Von Mises ve ark. tarafından literatüre tanıtılan ‘yapının belirli bir bölümündeki iç enerji belirli bir değeri aşarsa, yapı bu noktada şekil değiştirecektir ’başka bir ifadeyle biçim değiştirme enerjisi olarak kabul edilen enerji türüdür [261]. FEM analizlerinde çeşitli matematiksel varsayımların yardımıyla esneyebilir materyallerde gerilmeler ve kesme gerilmelerinin ortalamasını vermektedir. İki veya üç boyutta oluşan gerilmeleri birleştirerek, tek yönde yüklenen cismin gerilme mukavemetini verir. Uygulanan kuvvet sonucunda materyalin üzerinde oluşan gerilme dağılımları ve yoğunluğu hakkında bilgi sağlar. Gerilme kriterinin değerlendirilmesi için analiz yapılan model üzerinde oluşan üç boyutlu ifade, bir renk skalası ile gösterilmektedir. Bu durum renk skalasında tek bir pozitif sayı olarak görülmektedir [265].

### **Gerinim (Strain)**

Bir cisme kuvvet uygulandığında birim boyutta oluşan şekil değişimi olarak tanımlanmaktadır. Gerilme kuvvetleri büyüklüğü ve yönü olan bir kuvvettir ve nesne üzerinde şekil değiştirmeye sebep olurlar. Gerinim ise sadece bir büyüklüktür ve şekil değiştirmesi bir kuvvet değil sadece büyüklüktür. Gerinim denklemi, materyale uygulanan kuvvet sonucunda deformasyonun orijinal uzunluğa oranı olarak tanımlanmaktadır ve ‘Gerinim (strain) = Uzunluktaki Değişim / Orijinal Uzunluk’

şeklinde hesaplanmaktadır [266]. Genel olarak gerinim değeri yüzde (%) ile ifade edilir. 1 Strain (Gerinim) %100 uzamayı gösterirken, 1000 Microstrain (Mikrogerinim) %0,1 uzamayı gösterir [262]. Gerinim materyal üzerinde elastik veya plastik şekilde etki gösterir. Elastik şekil değişimi, geçicidir ve kuvvet kalkınca cisim eski şekline döner, plastik şekil değişiminde ise oluşan şekil değişikliği kalıcıdır. Bu iki durumun ortası olarak kabul edilen; “Elasto-Plastik Şekil Değiştirme” ise kuvvetin cisme etkisi sırasında oluşan şekil, bir miktar orijinal haline dönüyor fakat cisim yine de ilk halini alamıyorsa gerçekleşmiş olur. Cisme uygulanan kuvvet, cismin dayanabileceği gerilim kuvvetinden büyük olursa, cismin yapı taşlarını bir arada tutan kuvveti aşmış olacağı için, cisimde kopma veya kırılma meydana gelebilir [259].

### **Hooke kanunu-Stress-strain diyagramı**

Literatürde Robert Hooke tarafından tanımlanan “Hooke Kanunu” belirli gerilme sınırları içerisinde cisimdeki gerinimin, gerilim ile doğru orantılı olarak arttığını öngörmektedir. Bir maddenin bozulmasının, bozulmaya sebep olan kuvvetle doğru orantılı olduğunu açıklar. Gerinim ve gerilme arasındaki ilişkiyi gösteren eğri, cisme kuvvet uygulandığında cisimde ne kadar bozulma olacağını tahmin etmeye yarar. Bu eğrideki düz eğim kuvvet katsayısını (k) verir ve cismin sertlik derecesini gösterir. Yüksek esneklik katsayısı rijit sert, düşük esneklik katsayısı ise esnek materyalleri tanımlar [259, 265].

### **Elastiklik modülü (Young’s modulus)**

Literatürde ilk defa İngiliz fizikçi Thomas Young’ın ismi ile “Young’s modulus” olarak tanımlanan, elastiklik (esneklik) modülü; elastikiyet sınırları içinde maddenin dayanıklılığını yani gerilme/gerinim arasındaki oranı gösteren bir katsayıdır. Elastiklik modülü(E); Gerilmenin, birim uzamaya bölünmesi ile elde edilir (Şekil 2.1.). Elastiklik modülü farklı materyaller için farklı değerler almaktadır. Bu değer arttıkça cismin deformasyona karşı gösterdiği direnç de artacaktır. Daha sert materyaller yüksek iç dirençe sahip olduğundan dolayı elastiklik modülleri yüksektir. Bu duruma bir örnek vermeke gerekirse ; kompakt kemiğin elastisite modülü yumuşak dokunun 6700 katıdır [259, 260, 265].

$$E \equiv \frac{\text{Çekme gerilmesi}}{\text{Birim şekil değiştirme}} = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F/A_0}{\Delta L/L_0} = \frac{FL_0}{A_0\Delta L}$$

Şekil 2.1 : Elastik modülüs denklemleri.

### **Elastiklik sınırı**

Cismin belirli bir kuvvet karşısında plastik deformasyona uğramadan dayanabildiği maksimum gerilmedir. Cismin elastik özellik gösterdiği maksimum yük-esneme limiti olarak da tanımlanabilir [257].

### **Poisson oranı (Poisson's Ratio)**

Poisson oranı çekme veya basma kuvvetleri altındaki materyalin eninde oluşan birim uzamanın, boyunda oluşan birim uzamaya olan oranı olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifade ile bir ekseninde oluşan gerilim ile bu gerilimin diğer eksenlerde oluşturacağı deformasyonu ilişkilendiren bir katsayıdır. Örneğin; bir materyale çekme kuvveti etki ettiğinde kuvvet yönünde boy uzaması, kuvvete dik olan diğer boyutlarda ise boy kısılması meydana gelmektedir. Basma kuvvetleri altında ise cismin boyu kısılırken eni kalınlaşır [263]. Yumuşak olan materyaller çekme esnasında çapraz kesitte daha fazla azalma gösterirler ve poisson oranı daha yüksektir.

Poisson Oranı = Endeki(lateral) birim uzama / Boydaki(aksiyal) birim uzama"dır [259, 262, 265].

### **2.7.8.4. Sonlu elemanlar analizi ile ilgili temel kavramları**

Sonlu elemanlar analizi yapılabilmesi için bir sonlu elemanlar modeli oluşturulur. Modelleme yapılırken çeşitli aşamalardan geçilir. Bu aşamalar sırasıyla ;

1. Geometrik modelin oluşturulması
2. Mesh işlemi ile eleman ve düğüm noktalarının oluşturulması
3. Belirlenen başlangıç noktasına göre tüm düğümlerin x,y,z eksenleri üzerinde koordinatlarının saptanması ve tüm elemanların materyal özelliklerinin (poisson oranı ve elastisite modülü) bilgisayara aktarılması

4. Matematiksel modelin elde edilmesi
5. Dügüm noktalarına dışarıdan en basit dış etken ve sınır koşullarının uygulanması için matrislerin oluşturulması
6. Oluşturulan matrislerin bilgisayar yardımıyla çözümlenmesi
7. Sonuçların elde edilmesi [248, 249]

Bu aşamalarda temel kavramlar aşağıda özetlenmiştir.

### **Ağ Yapısı (Mesh) oluşturulması**

Sonlu elemanlar analizinde karmaşık olan geometrik yapı küçük parçalara yani elemanlara bölünme işlemine “Ağ Yapısı (Mesh)” oluşturulması denilmektedir. Bu yapı, elemanlardan ve ilgili düğümlerden ve sınır koşullarından (boundary conditions) meydana gelir. Düğümler, köşe noktalarında birbirleri ile birleşen sonlu sayıda elemanlara bölünür. Yükleme ile oluşan her bir düğümdeki stres ve yer değiştirme bir bilgisayar programı sayesinde hesaplanabilir [267].

### **Eleman (Element)**

Bir sonlu elemanlar analizi modelinde yapı ‘eleman’ olarak adlandırılan basit geometrik şekillere bölünmektedir. Bu elemanlar ana yapının geometrisi ile özdeştir ve ana yapının her bölgesinde belirlenen mekaniksel özellikleri gösterirler.

Elemanlar çeşitli özelliklerine göre farklı sınıflandırılmaktadır:

1. Geometrilerine (üçgen, paralel kenar, dörtgen)
2. Boyutlarına (tek boyutlu, iki boyutlu, dönel elemanlar, üç boyutlu elemanlar),
3. Dügüm sayısına
4. Dügüm sayısındaki bilinmeyenlere
5. Problemin özelliklerine göre (katı, kabuk, kiriş) sınıflandırılır [245, 266].

Ancak sonlu elemanlar analizinde temel olarak kullanılan eleman çeşitleri şunlardır [251]:

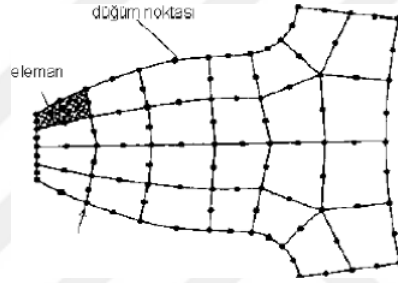
**Çizgisel Elemanlar (Line Elements):** Dügüm noktasından oluşan elemanlardır. Bu tip elemanlar uç uca eklenerek daha fazla düğüm noktasından da oluşabilirler.

İki Boyutlu Katı Elemanlar (2D Solid Elements): Yassı yüzeylerden oluşan geometriye sahip elemanlardır. Bu tip elemanlar yüzey elemanlarıdır ve kalınlıkları sabittir. Genelde üçgen (triangular) veya eşkenar (kuadrilateral) yamuk şeklinde, 3 veya 4 düğüm noktasından oluşan elemanlardır.

Üç Boyutlu Katı Elemanlar (3D Solid Elements): Temel 3 boyutlu (3D) elemanlar, 4 yüzeyli (tetrahedral) veya 6 yüzeyli (heksahedral) şekillerdedir.

### **Düğüm (Node/Nokta) sayısı**

Sayısal modeli oluşturan elemanların birbirlerine temas ettiği köşe noktalarında düğüm noktaları oluşur. Elemanlar düğüm noktalarından birbirlerine bağlanırlar ve bütün yapı için bir denklem sistemi oluşturulur [263, 266, 268] (Şekil 2.2.).



**Şekil 2.2 :** Eleman ve düğüm noktası [269].

### **Rijit eleman**

Rijit elemanlar kuvveti ileten ama deformasyona uğramayan ve gerilme yüklenmeyen elemanlardır. Bağlandıkları düğümlerin arasındaki mesafeyi sabit tutmaya yararlar [245, 266].

### **İzotropik**

Bir cisme kuvvet uygulandığı zaman cisim farklı doğrultularda aynı elastiklik özellikleri gösteriyorsa izotropik cisim olarak tanımlanmaktadır. Bundan dolayı bu terim gerilme-şekil değiştirme, elastiklik modülü ve Poisson oranına bağlı olarak tanımlanmaktadır [245, 266].

## **Homojen Cisim**

Bir cismin elastiklik özellikleri her noktada aynı olduğunda homojen cisim olarak tanımlanmaktadır. Homojen cisimlerde maddenin cinsi ve yoğunluğu bakımından farklılık yoktur [263, 270, 271]. Literatürde yapılan sonlu elemanlar analizi çalışmalarında farklı elastiklik modülüne ve Poisson oranına sahip cisimler kendi içinde izotropik ve homojen olarak varsayılmaktadır.

## **Sınır koşulları (Boundary conditions)**

Sınır koşulları streslerin ve yer değiştirmelerin sınır ifadelerini kapsamaktadır. Cisim belirli düğüm noktalarından sabitlenir. Cismin nerede sabitlendiğini ve kuvvetin nereye uygulandığını göstermektedir. Analiz edilecek cismin durumuna ve uygulanacak kuvvetin yerine göre sınır koşulları belirlenmektedir. Kuvvetin şiddeti, açısı ve yönü yükleme koşullarına istinaden belirlenir [244].

## **Katı modelleme (Solid Modelling)**

Uygulanan en ileri düzey modelleme tekniğidir. Bir cismin iç ve dış geometrisinin tanımı yapılır. Katı modellemenin ana özelliği, görüntünün ötesinde cismin iç ve dış geometrisinin bilgisayar ortamında modellenebilmiş olmasıdır. Bu şekilde ağırlık, moment gibi parametreler hesaplanabilir. Modelden kesitler alınarak iç geometrik form incelenebilir. Ayrıca cismin geçirgenliği, ışık yoğunluğu ve rengi belirlenebilir. Gölgeleme yapılabilir [244].

Model geometrisinin oluşturulmasında en sık kullanılan üç yöntem;

- a) Modelin üç boyutlu çizim programları ile bilgisayar ortamında çizilmesi,
- b) Modeli oluşturacak, örneğin lazer tarayıcılarla taranarak elde edilen nokta bulutunun bilgisayar ortamına aktarılması,
- c) Bilgisayarlı tomografi (BT) veya Mikro-BT görüntülerinin özel veri işleme metodlarıyla işlenerek modelleme programlarına aktarılmasıdır.

## **Sonlu elemanlar modeli**

Düğüm noktaları aralarında boşluklar olan ve bu boşlukların eleman adı verilen yapılarla doldurulduğu atomlara benzetilebilir. Ağı tanımlayan çizgiler arasında oluşan iki veya üç boyutlu unsurlara "sonlu eleman" adı verilir [244, 246, 247, 260, 264].

### **2.7.8.5. Analiz basamakları**

Sonlu elemanlar analizinde gerçek geometrik cisim, idealize edilmiş bir "ağ (mesh)" ile tanımlanır. Ağ yapısı; elemanlar (elements), bunlara bağlı düğüm noktaları (nodes) ve belirleyici sınır koşullarından (boundary conditions) oluşmaktadır. Bütün fizik kuralları daha basit geometriye sahip olan bu küçük elemanların her birine uygulanmaktadır [249, 272, 273].

Bir analizde sisteme tekil, yayılı veya kütle kuvvetleri etki edebilmektedir; Tekil kuvvetler, seçilen eleman ve düğüm noktalarına belirlenen açıda etki eden kuvvetlerdir, yayılı kuvvetler bir kenarda ya da bir alanda etkili olurlar, kütle kuvvetleri ise eleman hacmi için geçerli olan bir ağırlık kuvvetidir [274]. Bu kuvvetlersayesinde, asal gerilme (principal stress), aksenal gerilme (axial stress), yer değiştirmeler (displacements), deformasyon değerleri veya eşdeğer esas gerilme (equivalent principal stress) oluşturulur. Bu veriler değerlendirilmesinde, incelenen malzemenin mekanik özellikleri dikkate alınır. Kemik benzeri kırılğan malzemeler için önemli değerler asal gerilmelerdir. Esneyebilen nesnelere oluşan stresdeğerlerinin ölçülmesi için ise Von Mises Stres değerlerinden yararlanılır [244, 275, 276]. Elde edilen verilerde en yüksek asal gerilim değeri (maximum principal stress), modelin en yüksek çekme gerilimini (tension stress) ve en düşük asal gerilim (minumum principal stress) ise modele ait en yüksek sıkışma gerilimini (compressionstress) ifade eder [275, 277].

Sonlu elemanlar analizinde çeşitli programlar kullanılmaktadır. Dış hekimliği içi en yaygın olanlar Algor, Abaqus, Adina, Ansys, Comsol, Fempro, Femtools, I-Deas,

Marc, Nastran, Pafec 75, Patran, Proengineer, Solidworks, Sap 80, Sap 2000, Strand7, Visualfea ve Zebulon'dur [278].

Sonlu elemanlar analizi üç aşamadan oluşmaktadır.

1. Hazırlık (Pre-processing) Safhası
2. Çözüm (Analiz) Safhası
3. İşlem Sonu Düzenleme (Post-processing) Safhası

### **Hazırlık safhası (Pre-Processing)**

Bu aşama temel olarak şu aşamalardan oluşmaktadır.

**Geometrik modelin oluşturulması:** Modellemenin gerçeğe yakınlığı ile elde edilen sonuçların güvenilirliği doğru orantılıdır [245, 266]. 3 boyutlu katı modelinin oluşturulması farklı şekillerde elde edilebilir. Bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MR) yardımıyla elde edilen görüntüler, cismin yüzey tarayıcıları ile taranması veya ortamında CAD (Computer Aided Design) gibi üç boyutlu modelleme programları kullanılarak cismin çizilmesi ile modellenmesi istenen cisim 2 veya 3 boyutlu olarak bilgisayar ortamına aktarılmakta ve ağ yapısı oluşturulmaktadır [279, 280].

**Matematiksel modelin oluşturulması:** Gerçeğe yakın sonuçlar elde edilmesinde en önemli aşamalardan biridir. İncelenecek cismin geometrisine oldukça yakın model hazırlanma işlemidir. Cismin boyutuna ve geometrisine uygun olarak seçilmiş elemanlara bölünme sonucunda cisim matematiksel model denilen bir ağ yapısına dönüştürülür. Ağ oluşturma işlemi sayesinde, düğüm noktaları ve elemanlara ait koordinatlar belirlenmiş olur. Ağ yapısı araştırmacının belirlediği sınırlamalara göre veya programlar tarafından otomatik olarak da yapılabilir [281]. Program, belirlenen değerlere göre, belirli bir süre sonunda düğüm noktalarını, elemanları otomatik olarak sıralar ve numaralandırır. Her bir eleman, ana yapıyı mekanik özellik ve karakter açısından taklit eder.

Matematiksel modellerin doğruluğu, seçilen eleman tipine, eleman sayısına ve eleman davranışıyla ilgili yapılan varsayımlara bağlıdır [275]. Eleman boyutu küçüldükçe ve sayısı arttıkça daha hassas ve ayrıntılı kuvvet dağılımı sonuçları elde edilir. Ancak

eleman sayısının artması bilinmeyenlerin sayısının artmasına neden olurken, sonuçların doğruluğunu arttırmaktadır [245]. Bu durum çözülmesi gereken denklem sayısının, kullanılacak bilgisayar hafızasının ve çalışma zamanının artması anlamına gelmektedir [277, 281]. Ağ yapısının oluşturulmasında en çok kullanılan üç boyutlu eleman tipleri; sekiz düğümlü, altı düğümlü, beş düğümlü ve dört düğümlüdür [244, 277, 281]. Ağ yapıyı oluşturan elemanların, modele uygun büyüklükte ve geometride olup, düzgün sıralanması analiz sonucunun gerçeğe yakınlığında önemli rol oynamaktadır [245].

#### **Sisteme girilmesi gereken veriler:**

1. Cismin geometrisini oluşturacak koordinatlar,
2. Cismin geometrisi ve boyutuna uygun eleman türü
3. Modelin materyal özelliklerini gösteren Young's modulu ve poisson oranı
4. Uygulanacak kuvvet
5. Başlangıç, sınır ve yükleme koşulları
6. Yapılacak analiz tipi

Materyaller homojen, izotropik ve linear elastik olarak kabul edilir [248, 250, 273, 282].

**Sınır koşullarının belirlenmesi:** Matematik model üzerinde cismin nereden sabitlendiğini ve hareketin neden engellendiğini belirleyen koşullardır. Simülasyon sonucunda sistemin serbestlik derecesi ve kuvvet uygulama noktaları üzerinde etkili olan destek noktaları gibi yapılar sistemin sınır koşullarını oluşturur. Ağ yapısına sahip modelde sınır koşullarının tanımlanması ile matematiksel model analize hazır hale gelmektedir [245].

#### **Çözüm (Analiz) Safhası**

Hazırlık safhasında oluşturulan matematik modelde her bir elemanın mekanik özelliklerini ve yükleme koşullarının tanımlanması amaçlanmaktadır. Materyalin mekanik özellikleri için elastisite modülü ve poisson oranı kullanılır. Yükleme koşulları için uygulanacak kuvvetin büyüklüğü, yönü ve açısı tanımlanır [266, 275, 283].

Elemanlar birbirlerine düğümler ile bağlıdırlar ve bu düğümler bilinmeyen cinsinden tanımlanır. Elemanların birleştirilmesi sonucu cebirsel bir denklem elde edilir. Modeldeki elemanların her biri ana yapının tüm özelliklerini taşıdığından dolayı her bir elemanın yükleme altında gösterdiği tepki ana yapıyı taklit eder. Bir elemandaki fiziksel değişiklik diğer elemana aynı şekilde yansır [254, 259, 276]. Matematik modelde incelenmek istenen bölgeye bağlı düğüm noktalarına uygulanan kuvvetler ve sınır koşulları sonucunda oluşan değişimsel durumlar için matrisler oluşturulur. Böylece mesh yapısını tanımlayan düğüm noktaları ve elemanlardaki yani cismin tamamındaki gerilme ve şekil değiştirmeler hesaplanmaktadır [245, 266]. Bu çözümler “hareket sapması (defleksiyon)” içinde yapılır ve hareket sapması verileri gerilim, gerinim ve reaksiyonların hesaplanmasında kullanılır [246, 266, 283]. Sonuçlar analiz edilirken cismin tamamı hakkında fikir edinilmesini sağlar [254, 255, 284].

Her eleman için ayrı denklem oluşturulur ve denklemler analiz edilerek düğüm noktasındaki değerlere ulaşılır. Yapılan analizler neticesinde farklı değişkenlere ilişkin veriler elde edilebilir. Bu veriler, asal gerilimler (principal stresses), eksensel gerilimler (axial stress), yer değiştirme değerleri (displacements), deformasyon değerleri veya eşdeğer gerilimler (equivalent stress) dir [244, 247, 250]. Böylece bütün eleman denklemlerinin çözümlenmesi ile gerçeğe en yakın değerleri elde etmek amaçlanır [245, 266]. Çözüm safhasında elde edilen veriler, analizler sonrası grafik ve tabloların yapımında kullanılır [246, 266, 283]. Sonuçlar analiz edilir ve yorumlanır.

### **İşlem Sonu Düzenleme (Post-processing) Safhası**

Çözüm safhasında elde edilen analiz verilerinin çözümlenmesini içeren son aşamadır. Bu safhada elde edilen veriler grafikler, tablolar veya resimler şeklinde sayısal ve teorik olarak görselleştirilebilir. Elde edilen verilerin kolayca değerlendirilebilmesi için bilgisayar ortamında yapıların uygulanan kuvvet sonucunda oluşan geometrik sapması, stres dağılımı ve farklı veriler hakkında animasyonlar elde edilebilir. Sayısal veriler incelenen noktalarda, uzayın üç yönünde oluşan stres değerlerini ve yer değiştirme miktarı hakkında bilgi vermektedir. Yapılan analiz sonucunda negatif ve pozitif değerler elde edilir. Pozitif değerler, gerilme tipi stresleri, negatif değerler, sıkışma türündeki gerilmeleri belirtir. Bir eleman üzerinde daha büyük mutlak değere sahip olan stres tipi etkin değer olarak kabul edilir [246, 266, 283] .

Literatürde hızlı üst çene genişletmesi sonrasında oluşan stres değerlendirmelerini tespit etmek amaçlı birçok sonlu elemanlar analizi çalışması mevcuttur ve bu çalışmalar da klinik çalışmalar öncesi planlama için hekimlere ön bilgi elde etmek açısından oldukça avantaj sağlamaktadır. Yapılan literatür taramasında üst çene genişletmesi ihtiyacına sahip genç erişkin bir hastada farklı genişletme apareylerinde farklı genişletme yöntemlerinin kraniyofasiyal yapılar üzerinde oluşturdukları stres ve yer değiştirme miktarını sonlu elemanlar analizi ile değerlendiren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu doktora tez çalışmasının amacı, genç yetişkin hastada hızlı üst çene genişletmesinde kullanılan üç farklı genişletme apareyin de 5 farklı genişletme yönteminin kraniyofasiyal sistem üzerine olan etkilerini sonlu elemanlar analizi ile incelemek ve karşılaştırmaktır.

### **3.GEREÇ VE YÖNTEM**

Bu çalışmada midpalatal sutür densite oranı evre D ve transversal üst çene yetersizliği olan genç erişkin bir hastanın konik ışınlı bilgisayarlı tomografi verisi (Large V Smart3D CBCT) aşağıdaki dahil edilme kriterlerine göre seçilmiştir.

#### **3.1. Dahil Edilme Kriterleri**

18-30 yaş aralığı

Üst çenede transversal yönde darlık

Ortodontik tedavi hikayesi olmaması

Fenestrasyon ve dehissens olmaması

#### **3.2. Dışlama Kriterleri**

Dudak-damak yarığı

Kraniofasial sendrom

Eksik diş

Anormal diş morfolojisi

Protetik restorasyon varlığı

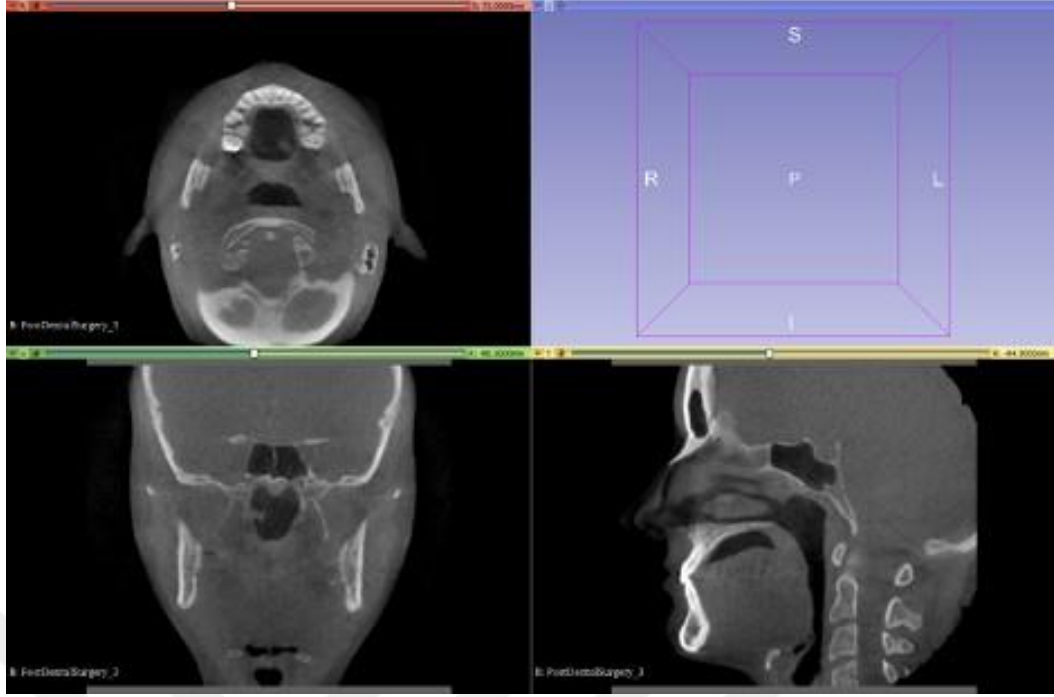
Bu çalışmada üst çene darlığı olan genç erişkin bir hastada üç farklı ekspansiyon apareyine beş farklı genişletme yönteminin uygulanması sonucunda oluşan stress

dağılımları ve yer değiştirme miktarı sonlu elemanlar analizi yöntemi ile simülasyonlar yapılarak incelenmiştir. Bu çalışma Bezmialem Vakıf Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 2021/335 numarası ile onaylanmıştır. Hastanın tomografi verisinin çalışmada kullanılabilmesi için hastadan onay verdiğine dair aydınlatılmış onam formu alınmıştır. Çalışma Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi tarafından 20211211 numaralı proje desteği ile desteklenerek Tinus Technologies iş birliğiyle gerçekleştirilmiştir.

### **3.3 Geometrik Modellerinin Oluşturulması**

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

Tomografi verisinden .stl modelin elde edilmesi 3DSlicer yazılımında yapılmıştır (Şekil 3.1). Tersine mühendislik ve üç boyutlu CAD faaliyetleri ‘ALTAIR Evolve’ yazılımı, katı modellerin analiz ortamına uygun hale getirilmesi ve optimize ağ örgüsünün oluşturulması faaliyetleri ALTAIR Hypermesh yazılımı ile gerçekleştirilmiştir; oluşturulan sonlu elemanlar modellerinin çözümü için Nastran tabanlı ALTAIR Optistruct (ALTAIR, Troy, MI, USA) implicit çözücüsü kullanılmıştır.

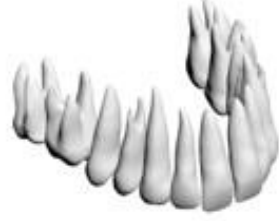


Şekil 3.1 : DICOM verilerinin görünümü.

#### 3.4. Çalışmada Kullanılan Apeylerin ve Çalışma Modellerinin Oluşturulması

Çalışmada kullanılan tüm kafatası kemik modelinin oluşturulması için; genç erişkin erkek hastanın tomografisi çekilmiştir. Tomografi verisi 0.1 mm kesit kalınlığı ile rekonstrükte edilmiştir. Rekonstrüksiyon sonucunda elde edilen tomografi verileri DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) formatında 3DSlicer yazılımına aktarılmıştır. DICOM formatındaki tomografi verisi 3DSlicer yazılımında +300,+400 spongiöz kemik ve +500,+1900 kortikal kemik Hounsfield değerlerine göre ayrıştırılarak, segmentasyon işlemi ile üç boyutlu modele dönüştürülmüştür. Model .stl formatında dışa aktarılmıştır.

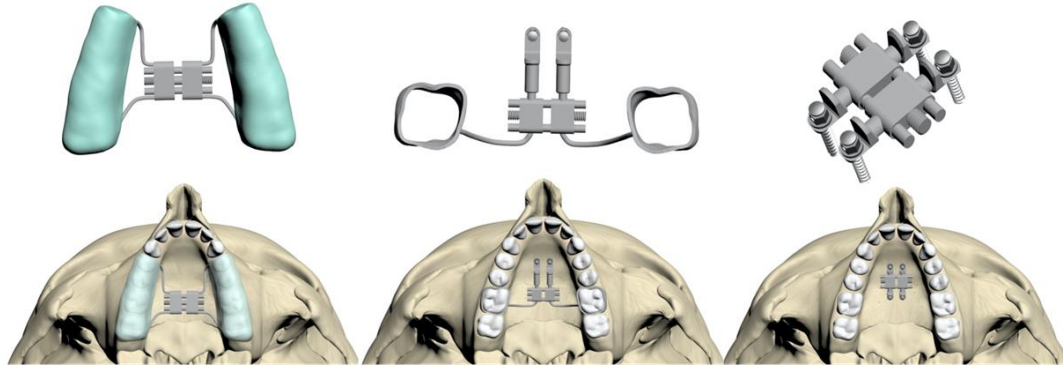
Üç boyutlu model ALTAIR Evolve yazılımına aktarılmıştır ve burada uygun kortikal & spongiöz kemik ve diş geometrisi modellenmiştir. Dişlerin dış yüzeyleri referans alınarak uygun kalınlıkta periodontal ligamentler modellenmiştir (Şekil 3.2).



üturlar

nesi.

Çalışmada kullanılan akrilik cap splintli üst çene genişletme apareyi, iki molar diş ve iki palatinal minividadan destek alan hibrit aparey ve sadece kemikten destek alan dört minividalı kemik destekli aparey ALTAIR Evolve yazılımında modellenmiştir. Modeller arasında kuvvet aktarımının sağlanabilmesi için ALTAIR Hypermesh yazılımında mesh yapıları arasında uyumlandırma işlemi yapılmıştır. Hazırlanan tüm modeller ALTAIR Evolve yazılımında 3 boyutlu uzayda doğru koordinatlara yerleştirilip modelleme işlemi tamamlanmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 : Aparey tasarımları ve kullanılan apareylerin üst çene üzerinde modellenmesi.

### 3.5. Matematiksel Modellerin Elde Edilmesi

Matematiksel modeller, geometrik modellerin mesh adı verilen basit ve küçük parçalara bölünmesiyle oluşmaktadır (Şekil 3.4). ALTAIR Evolve yazılımında modelleme işlemi tamamlandıktan sonra modeller ALTAIR Hypermesh yazılımıyla matematiksel olarak oluşturulup analize hazır hale getirilmiştir. Analizlerin yapılabilmesi için, ALTAIR Hypermesh yazılımında hazırlanan modeller .fem formatında ALTAIR Optistruct analiz programına aktarılmıştır.



Şekil 3.4 : Analize hazır hale getirilen matematiksel model.

### 3.6. Kullanılan Materyaller ve Özellikleri

Analizlerde elastik modül ve poisson oranı verilen malzemelerin doğrusal (lineer) malzeme özellikleri kullanılmıştır. Analizi yapılan modelin malzeme özellikleri sayısal olarak Tablo 3.1’de görsel olarak tanımlanmıştır.

**Tablo 3.1 :** Kullanılan malzemelerin Young's modül ve poisson oranları.

<b>Materyaller</b>	<b>Young's modulus (MPa)</b>	<b>Poisson oranı</b>
<b>Trabeküler kemik</b>	1370	0.3
<b>Kortikal kemik</b>	13700	0.3
<b>Diş</b>	20000	0.3
<b>Sutur</b>	0.68	0.45
<b>Periodontal ligament</b>	0.69	0.49
<b>Titanyum</b>	114000	0.34
<b>RME</b>	200000	0.33
<b>MARPE</b>	193000	0.3
<b>Akrilik rezin</b>	2000	0.3

### 3.7. Kuantitatif Model Bilgileri

Oluşturulan 15 analiz modeli için node (düğüm) ve element sayıları bilgileri tablo 3.2' de tanımlanmıştır.

**Tablo 3.2 :** Çalışmada kullanılan modellerinin düğüm ve element sayıları.

<b>Diş destekli</b>	<b>Tip 1</b>	<b>Tip 2</b>	<b>Tip 3</b>	<b>Tip 4</b>	<b>Tip 5</b>
Total Düğüm sayısı	2395650	2401055	2381330	2387827	2387827
Total Element sayısı	9760522	9784835	9701495	9724571	9724571

<b>Hibrit</b>	<b>Tip 1</b>	<b>Tip 2</b>	<b>Tip 3</b>	<b>Tip 4</b>	<b>Tip 5</b>
Total Düğüm sayısı	2374011	2379567	2359039	2366232	2394742
Total Element sayısı	9669553	9694548	9607910	9633681	9750645

**Tablo 3.3 (devamı) :** Çalışmada kullanılan modellerinin düğüm ve element sayıları.

Kemik destekli	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5
Total Düğüm sayısı	2377548	2383564	2500388	2369403	2398455
Total Element sayısı	9684127	9711880	10524037	9645097	9767124

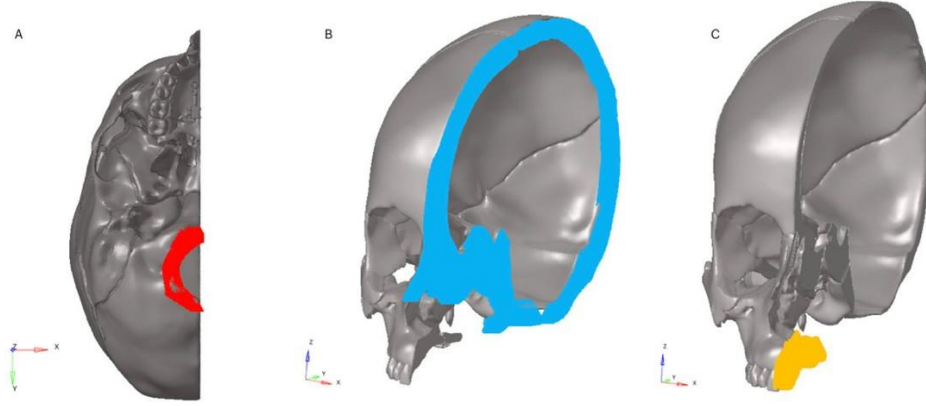
### 3.8. Yükleme Senaryoları ve Sınır Koşulları

Tüm modeller için yapılan apareyler üzerinde 10 mm yer değiştirmeyi simüle eden aktivasyon kuvveti uygulanmıştır. Analiz senaryoları her maksiler kemik modeli için ayrı ayrı yapılmıştır. Belirtilen yükleme koşulları altında toplamda on beş analiz lineer olarak çözdürülmüştür.

Kırmızı renk ile gösterilen sınır koşulu: Modeller foramen magnum etrafında bulunan düğüm noktalarından her üç eksenindeki hareketi engellenecek şekilde tüm serbestlik dereceleri kısıtlanarak sabitlenmiştir.

Mavi renk ile gösterilen sınır koşulu: X ekseninde, Y-Z düzlemine göre simetrik olacak şekilde sınır koşulu uygulanmıştır.

Turuncu renk ile gösterilen sınır koşulu: Sadece Y eksenindeki hareketi engellemek amacıyla uygulanmıştır [285]. (Şekil 3.5)



Şekil 3.5 : A Kırmızı renk ile gösterilen sınır koşul B Mavi renk ile gösterilen sınır koşulu  
C Turuncu renk ile gösterilen sınır koşulu.

### 3.9. Sistemlerin Birleştirilmesi ve Bağlantı Durumu

Oluşturulan matematiksel modellerde analizlerin yapılabilmesi ve doğru sonuçların elde edilebilmesi için, modeli oluşturan parçaların birbirleriyle olan yüzey ilişkilerinin analiz programında tanımlanması gerekmektedir. Kemik-Sütür, Kemik-Pdl-Diş, Kemik-Apareyler, Kemik-Vida ve Vida-Apareyler temas bölgelerinde FREEZE tipi kontak tanımı gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşım parçaların hareketi esnasında tam korelasyon ile hareket ettiği varsayımına dayanmaktadır.

### 3.10. Ekspansiyon Aparey Tasarımları ve Ekspansiyon Protokolü

Uygulanan ekspansiyon kuvveti orta hatta laserasyonu önlemek için sınır olarak kabul edilen totalde 10 mm'lik ekspansiyona ulaşıncaya kadar yapıldı. Konvansiyonel aktivasyon protokolü ile dişlere, alveoler prosese ve/veya palatinal kemiğe her çeyrek aktivasyonda 0,25 mm genişleme sağlayacak şekilde (günde iki çeyrek tur) 100 N'luk lateral kuvvet uygulandı.

1. Akrilik çap splint hızlı üst çene genişletmesi apareyi: McNamara tipi (bonded) akrilik çap splintli genişletme apareyi, birinci premolardan ikinci molara kadar uzanan 3 mm kalınlığında sadece diş destekli hızlı üst çene genişletme apareyidir.

2. Hibrit aparey: Birinci molar ve iki palatinal minividadan (SemiOss, Bilimplant, Türkiye; çap 2 mm; uzunluk: 10 mm ) destek alan hem diş hem kemik destekli hızlı üst çene genişletme apareyidir.

3. Kemik destekli aparey: Dört palatinal minividadan (SemiOss, Bilimplant, Türkiye; çap 2 mm; uzunluk: 10 mm) destek alan kemik destekli hızlı üst çene genişletme apareyidir. Minividadaların konumları midpalatal suturen 2 mm uzaklığındadır; 2 minivida üçüncü palatinal ruga bölgesinde 2 minivida 1. Molarlar arasında bulunmaktadır.

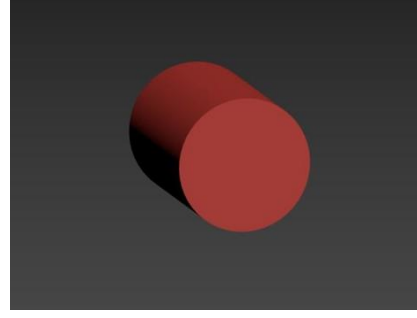
Elde edilen 3 ekspansiyon apareyine beş farklı tipte ekspansiyon uygulanmıştır.

**Tip 1:** Geleneksel hızlı üst çene genişletilmesi protokolü ; Vidanın her aktivasyonunda 0,25 mm genişletme sağlayacak şekilde günde iki tur çevirme protokolü ile 100 N'luk lateral kuvvet uygulandı. (Şekil 3.6)



Şekil 3.6 : Geleneksel genişletme yöntemi (Tip 1).

**Tip 2:** Midpalatal suture kortiko-puncture destekli hızlı üst çene genişletilmesi. Kortiko-puncturelar palatinal kemikte insisiv kanaldan transverse palatin suturen mezialine kadar 1.8 mm derinliğinde ve 2 mm aralıklı olarak uygulanmıştır. Kortiko-puncture modelleri oluşturulurken ilgili bölgelerden 2 mm çapındaki silindir 'boolean>'subtract' yöntemiyle trabeküler ve kortikal kemik çıkarıldı (Şekil 3.7).

**A****B**

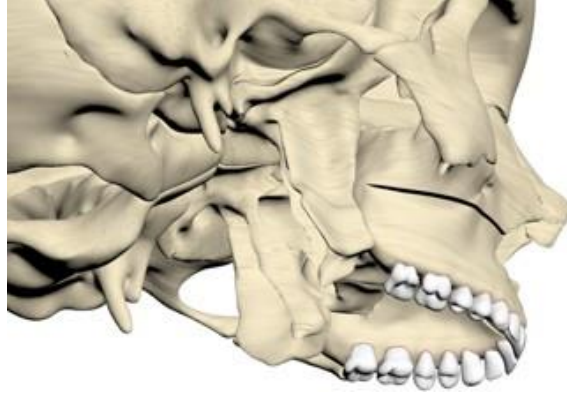
**Şekil 3.7 :** A Midpalatal sutureda kortikopuncture uygulaması (Tip 2) B Kortikopuncture uygulaması için yapılan model.

**Tip 3:** LeFort I osteotomi hattı kortiko-puncture destekli hızlı üst çene genişletilmesi. Kortiko-puncturelar anterior nazal spinadan pterigomaksiller bileşkeye kadar 1.8 mm derinliğinde ve 2 mm aralıklı olarak uygulanmıştır. Kortiko-puncture modelleri oluşturulurken ilgili bölgelerden 2 mm çapındaki silindir ‘boolean>’subtract’ yöntemiyle trabeküler ve kortikal kemik çıkarıldı. (Şekil 3.8)



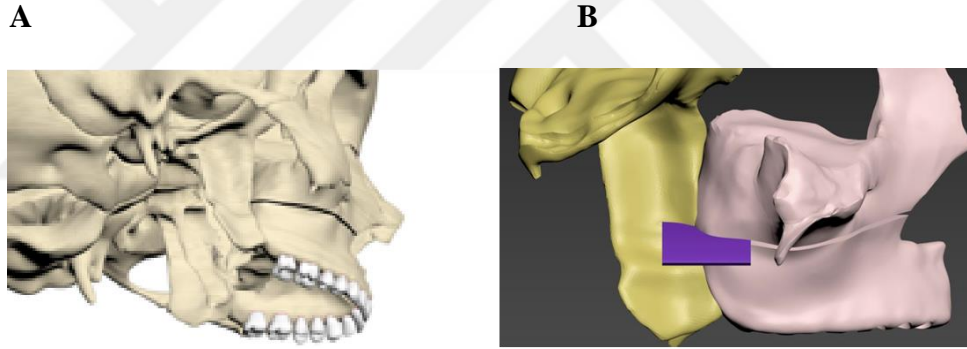
**Şekil 3.8 :** Lefort-1 osteotomi hattında kortikopuncture uygulaması.

**Tip 4:** Pterigomaksiller bileşke ayrılmadan yapılan cerrahi destekli hızlı üst çene genişletilmesi. (Şekil 3.9)



Şekil 3.9 : Pterigomaksiller bileşke ayrılmadan yapılan cerrahi destekli üst çene genişletmesi.

**Tip 5:** Bilateral pterigomaksiller bileşke ayrılarak yapılan cerrahi destekli hızlı üst çene genişletilmesi. Pterigomaksiller bileşkenin ayrılma hattı 1 mm kalınlığında bir düzlem oluşturularak ilgili bölgelerden ‘boolean>’subtract’ yöntemiyle trabeküler ve kortikal kemik çıkarıldı. (Şekil 3.10)

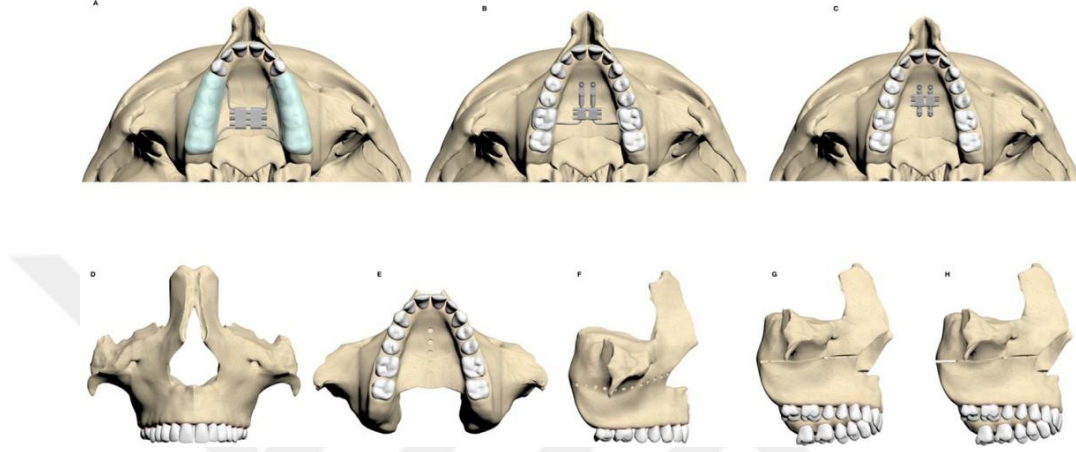


Şekil 3.10 : A Pterigomaksiller bileşke ayrılarak yapılan cerrahi destekli üst çene genişletmesi

B Pterigomaksiller bileşkenin ayrılması için oluşturulan 1 mm kalınlığındaki düzlem.

Elde edilen her maksiller model için beş farklı tipte genişletme yöntemi uygulandı (Şekil 3.11). Bu çalışmada toplam on beş lineer statik analiz gerçekleştirilmiştir. Tüm gruplarda seçilen anatomik yapılar için MPa birimi cinsinden Von Mises gerilme değerleri, X, Y ve Z eksenleri boyunca milimetre cinsinden yer değiştirmeler ve toplam yer değiştirme değerleri analiz edildi.

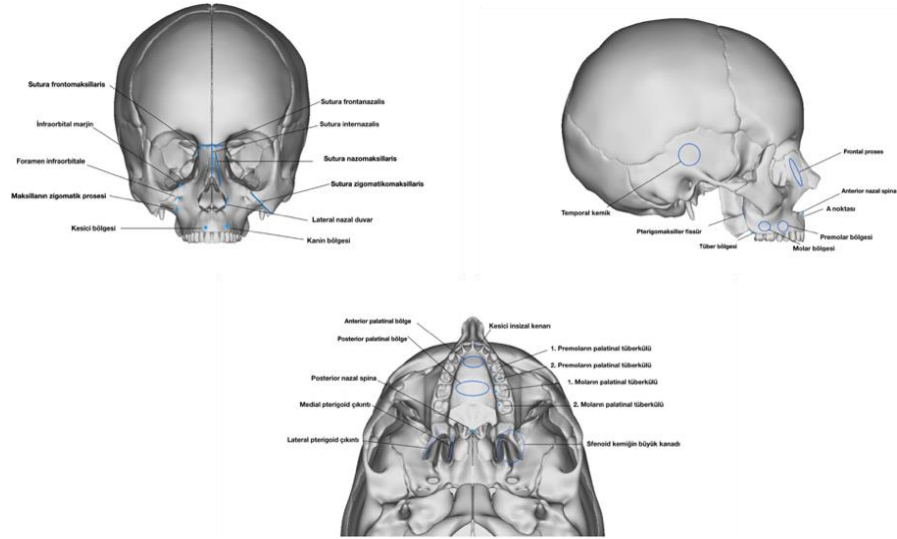
X eksenindeki pozitif değerler linguale, negatif değerler bukkale, Y eksenindeki pozitif değerler posteriora, negatif değerler anteriora, Z eksenindeki pozitif değerler superiora ve negatif değerler inferiora hareket olduğunu temsil etmektedir.



**Şekil 3.11 :** A McNamara tipi akrilik cap splintli RME, B Hibrit genişletme aygıt tasarımı, C Kemik destekli genişletme aygıt tasarımı, D Geleneksel RME protokolü, E Midpalatal suture kortikopuncture destekli RME, F Lefort I osteotomi hattında kortikopuncture destekli RME , G Pterygomaksiller bileşke ayrılmadan yapılan SARME , H Pterygomaksiller bileşke ayrılarak yapılan SARME.

### 3.11. Araştırılan Anatomik Noktalar

Maksillanın çevre kraniofasial yapılar ile yaptığı sütural bağlantılar, dentoalveolar ve dental bölgelerde değerlendirilmeler yapılmıştır. Araştırılan anatomik noktalar Şekil 3.12’de görselleştirilmiştir, ayrıca noktaların okluzal, frontal ve sagittal yönden bakıldığında listelenmiş hali Tablo 3.3’de özetlenmiştir.



**Şekil 3.12 :** Von Mises stres değerleri ve yer değiştirme miktarına bakılan anatomik noktalar.

**Tablo 3. 4 :** Araştırılan anatomik noktalar.

OKLUZAL	FRONTAL	SAGİTTAL
Lateral Pterigoid Çıkıntı	Sütura Frontomaksillaris	Temporal Kemik
Medial Pterigoid Çıkıntı	Sütura Frontanazalis	Pterigomaksiller Fissur
Posterior Nazal Spina	Sütura İnternazalis	Tüber Bölgesi
Posterior Palatinal Bölge	Sütura Nazomaksillaris	Molar Bölgesi
Anterior Palatinal Bölge	Sütura Zigomatikomaksillaris	Premolar Bölgesi
Kesici İnsizal Kenarı	Lateral Nazal Duvar	A noktası
1. Premolar Palatinal Tüberkül	Kanin Bölgesi	Anterior Nazal Spina
2. Premolar Palatinal Tüberkül	Kesici Bölgesi	Frontal Process
1. Molar Palatinal Tüberkül	Maksillanın Zigomatik Processi	
2. Molar Palatinal Tüberkül	Foramen İnfraorbitale	
Sfenoid Kemığın Büyük Kanadı	İnfraorbital Marjin	

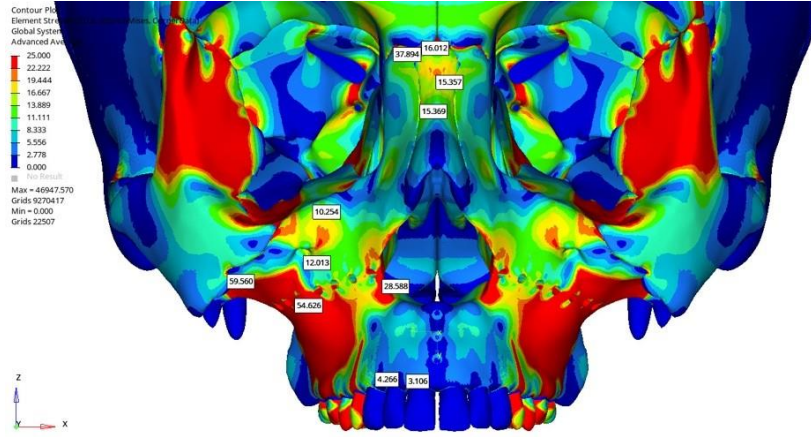
## 4. BULGULAR

Araştırmamızda üst çene genişletme ihtiyacı olan genç erişkin bir hastada diş destekli, hibrit ve kemik destekli apareylerde beş farklı genişletme yönteminin uygulanması ile yapılan hızlı üst çene genişletmesinde uygulanan kuvvetler sonucu ankraj üniteleri, dişlerde, çevre kraniofasial yapılarda ve süturlarda meydana gelen gerilmeler ile X, Y, Z ekseninde ve total yer değiştirme miktarları sonlu elemanlar analizi ile değerlendirilmiştir. Sonlu elemanlar analizi ile elde edilen bulgular kuvvetin ilk uygulama anında elde edilen değerleri göstermektedir. Yer değiştirme miktarlarını gösteren şekillerde ise kırmızı renkle gösterilen alanlar belirtilen eksendeki maksimum yer değiştirmeyi, mavi alanlar ise belirtilen yöndeki minimum yer değiştirmeyi ifade etmektedir. Çalışmamızda gerilme değerleri "N/mm<sup>2</sup>", yer değiştirme bulguları "mm" cinsinden ifade edilmektedir.

Farklı genişletme yöntemleri ile elde edilen biyomekanik değişimler aşağıdaki ana başlıklar altında değerlendirilmiştir.

### 4.1. Grupların Von Mises Stress Değerleri

Kemik ve sütur yapılarındaki Von Mises stres dağılımına ait bulgular; kırmızı rengin en yüksek stres konsantrasyonunu ve koyu mavinin en düşük stres konsantrasyonunu gösterdiği bir renk haritası kullanılarak görsel olarak analiz edildi (Şekil 4.1). Araştırmamızda eksenleri gösteren oklar şekillerin sol alt kısımlarında yer almaktadır.

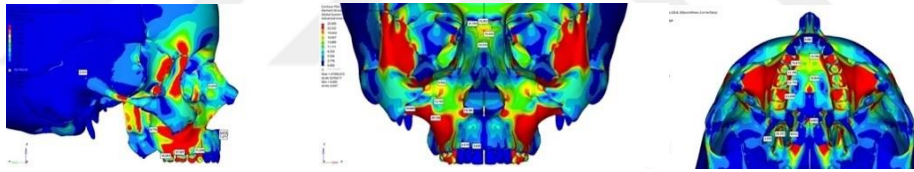


Şekil 4.1 : Von Mises stres değerlerinin görüldüğü renk skalası.

#### 4.1.1. Diş destekli grubun von mises stres değerleri

##### - Tip 1 genişletme grubu

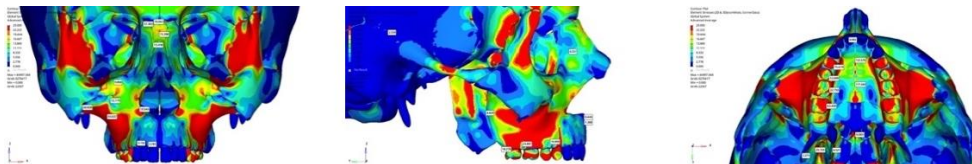
Çalışmamızda diş destekli grupta tip 1 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda belirlenen noktalarda oluşan Von Mises stress değerleri Şekil 4.2'de verilmektedir.



Şekil 4.2 : Diş destekli grubun Tip 1 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.

##### - Tip 2 genişletme grubu

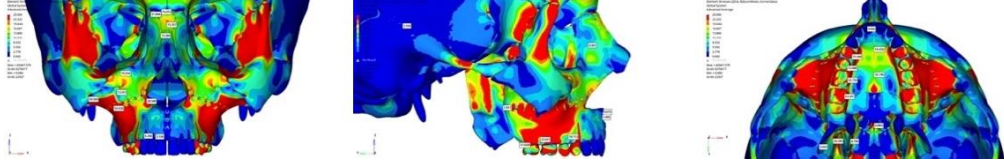
Çalışmamızda diş destekli grupta tip 2 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda belirlenen noktalarda oluşan Von Mises stress değerleri Şekil 4.3'de verilmektedir.



Şekil 4.3 : Diş destekli grubun Tip 2 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.

#### - Tip 3 genişletme grubu

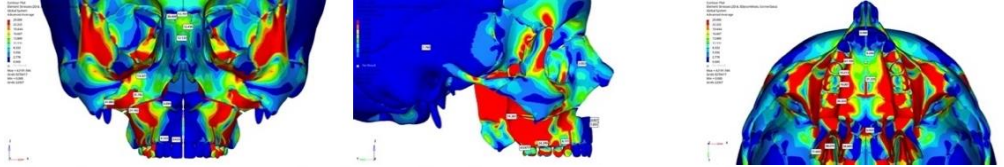
Çalışmamızda diş destekli grupta tip 3 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda belirlenen noktalarda oluşan Von Mises stress değerleri Şekil 4.4'de verilmektedir.



Şekil 4.4 : Diş destekli grubun Tip 3 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.

#### - Tip 4 genişletme grubu

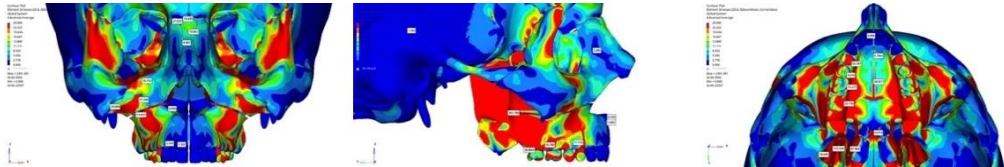
Çalışmamızda diş destekli grupta tip 4 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda belirlenen noktalarda oluşan Von Mises stress değerleri Şekil 4.5'de verilmektedir.



Şekil 4.5 : Diş destekli grubun Tip 4 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.

#### - Tip 5 genişletme grubu

Çalışmamızda diş destekli grupta tip 5 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda belirlenen noktalarda oluşan Von Mises stress değerleri Şekil 4.6'da verilmektedir.

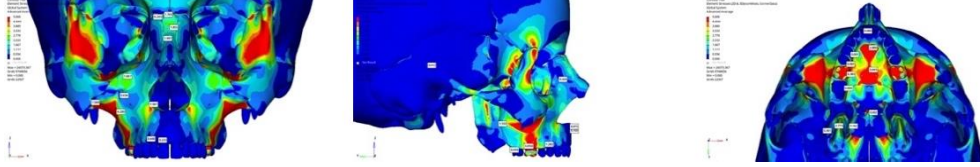


Şekil 4.6 : Diş destekli grubun Tip 5 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.

#### 4.1.2. Hibrit destekli grubun von mises stres değerleri

##### - Tip 1 genişletme grubu

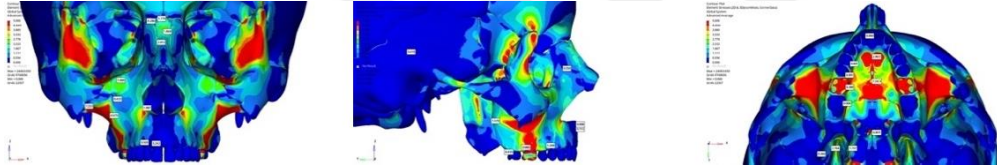
Çalışmamızda hibrit grupta tip 1 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapıarda belirlenen noktalarda oluşan Von Mises stress değerleri Şekil 4.7'de verilmektedir.



Şekil 4.7 : Hibrit grubun Tip 1 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.

##### - Tip 2 genişletme grubu

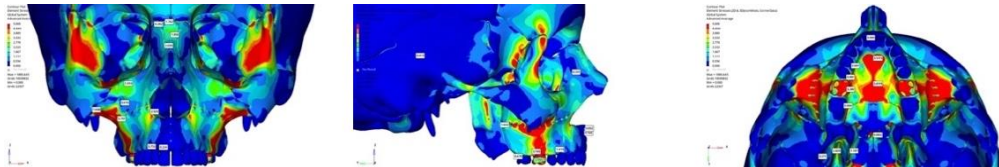
Çalışmamızda hibrit grupta tip 2 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapıarda belirlenen noktalarda oluşan Von Mises stress değerleri Şekil 4.8'de verilmektedir.



Şekil 4.8 : Hibrit grubun Tip 2 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.

##### - Tip 3 genişletme grubu

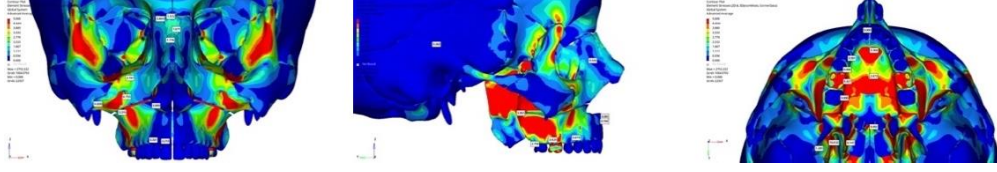
Çalışmamızda hibrit grupta tip 3 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapıarda belirlenen noktalarda oluşan Von Mises stress değerleri Şekil 4.9'da verilmektedir.



Şekil 4.9 : Hibrit grubun Tip 3 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.

##### - Tip 4 genişletme grubu

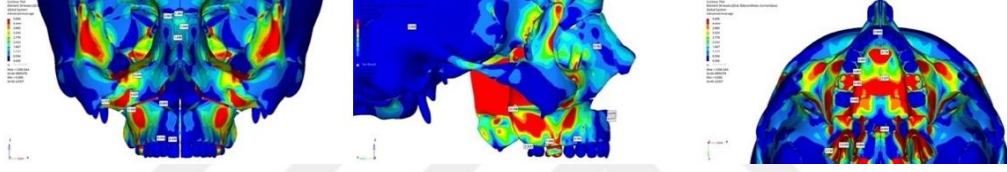
Çalışmamızda hibrit grupta tip 4 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda belirlenen noktalarda oluşan Von Mises stress değerleri Şekil 4.10'da verilmektedir.



Şekil 4.10 : Hibrit grubun Tip 4 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.

#### - Tip 5 genişletme grubu

Çalışmamızda hibrit grupta tip 5 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda belirlenen noktalarda oluşan Von Mises stress değerleri Şekil 4.11'de verilmektedir.

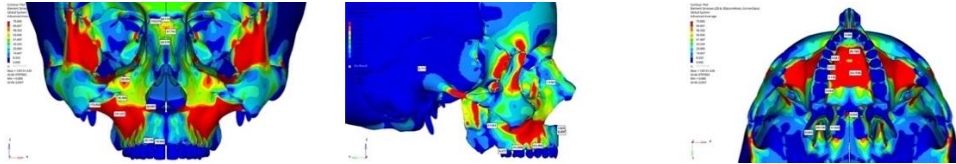


Şekil 4.11 : Hibrit grubun Tip 5 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.

### 4.1.3. Kemik destekli grubun von mises stres değerleri

#### - Tip 1 genişletme grubu

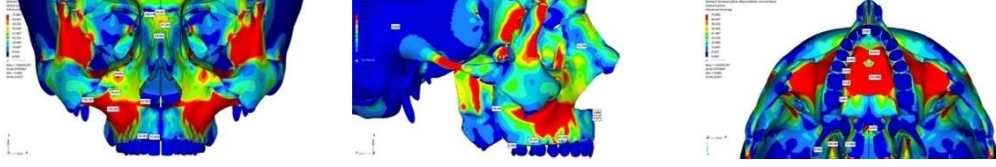
Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 1 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda belirlenen noktalarda oluşan Von Mises stress değerleri Şekil 4.12'de verilmektedir.



Şekil 4.12 : Kemik destekli grubun Tip 1 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.

#### - Tip 2 genişletme grubu

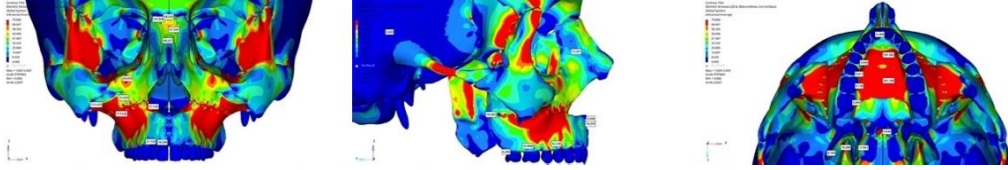
Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 2 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda belirlenen noktalarda oluşan Von Mises stress değerleri Şekil 4.13'de verilmektedir.



Şekil 4.13 : Kemik destekli grubun Tip 2 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.

#### - Tip 3 genişletme grubu

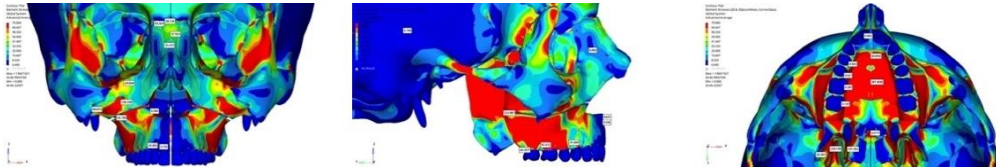
Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 3 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda belirlenen noktalarda oluşan Von Mises stress değerleri Şekil 4.14'de verilmektedir.



Şekil 4.14 : Kemik destekli grubun Tip 3 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.

#### - Tip 4 genişletme grubu

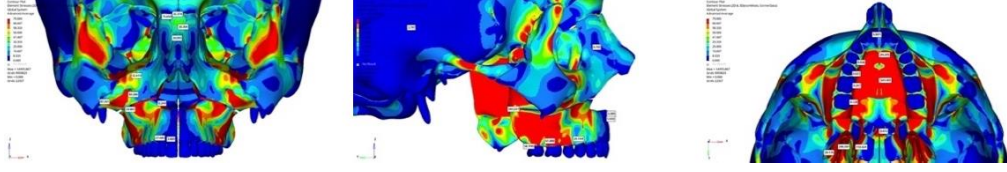
Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 4 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda belirlenen noktalarda oluşan Von Mises stress değerleri Şekil 4.15'de verilmektedir.



Şekil 4.15 : Kemik destekli grubun Tip 4 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.

#### - Tip 5 genişletme grubu

Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 5 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda belirlenen noktalarda oluşan Von Mises stress değerleri Şekil 4.16'da verilmektedir.



Şekil 4.16 : Kemik destekli grubun Tip 5 genişletme yöntemine ait Von Mises stres değerleri.

#### 4.1.4 Çevre Yapılarda Görülen Von Mises stres değerleri

##### 4.1.4.1. Premolar ve Molar Dişlerdeki Von Mises stres değerleri

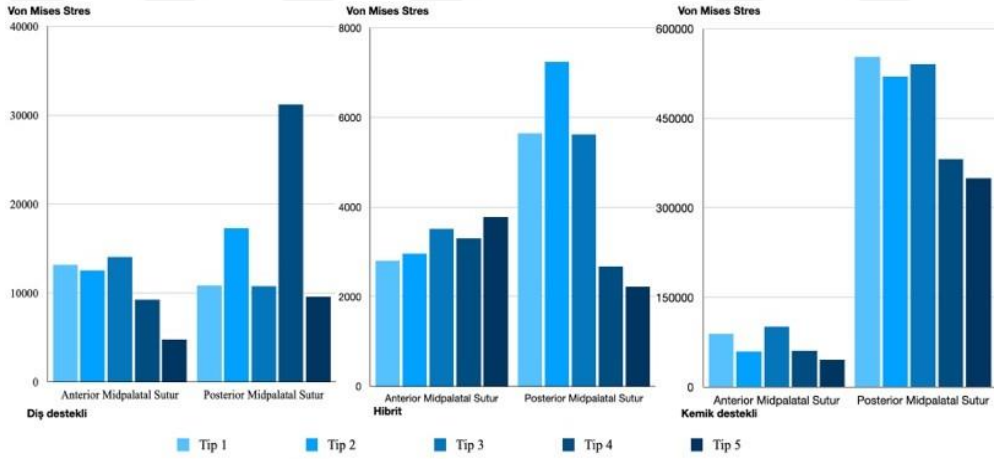
Üst birinci premolar ve birinci molar dişleri için gruplar arasında en yüksekte en düşüğe doğru sıralanan stres birikim değerleri sırasıyla diş destekli, hibrit ve kemik destekli gruplar olmuştur. Kemik destekli grupta posterior dişlerde stres birikimi minimal görülmüştür. Diş destekli grupta posterior dişlerde tip 1, 2 ve 3 genişletme tiplerinde, tip 4 ve 5'e göre daha yüksek stres değerleri gözlemlendi. Aynı zamanda hibrit grupta LeFort 1 osteotomi hatları ve kortikotomi işlemleri stres birikimini azaltmada etkili bulunmamıştır (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 : 1. Premolar ve 1. Molara ait Von Mises stres değerleri.

#### 4.1.4.2. Anterior ve posterior midpalatal sütura ait Von Mises stres değerleri

Anterior ve posterior midpalatal süturlardaki stres birikimi, beş genişletme tipi için karşılaştırıldığında tüm gruplar içerisinde en fazla stres kemik destekli grupta bulunmuştur. Kemik destekli grupta pterigomaksiller bileşkenin ayrıldığı ve ayrılmadığı SARME (tip 4 ve 5) genişletme tipi posterior midpalatal sütur üzerindeki stres değerlerini azaltırken, 5 farklı genişletme yönteminin uygulandığı kemik destekli grupta anterior midpalatal süturda benzer stres değerleri gözlendi. Anterior ve posterior midpalatal süturlarda en düşük stres birikimi, 5 genişletme yöntemi için hibrit gruptaydı. Öte yandan, pterigomaksiller bileşkenin ayrılmadığı SARME (tip 4), dış destekli grupta posterior midpalatal sütur üzerindeki stres değerlerini arttırdı. Pterigomaksiller bileşkenin ayrıldığı ve ayrılmadığı SARME (tip 4 ve 5), hibrit grupta posterior midpalatal sütur üzerindeki stres birikiminin derecesini azaltmıştır. Pterigomaksiller bileşkenin ayrıldığı ve ayrılmadığı SARME (tip 4 ve 5) dış destekli grupta anterior midpalatal sütur üzerindeki stres değerlerini azaltırken, hibrit grupta anterior midpalatal sütur üzerindeki 5 farklı genişleme yöntemi için benzer stres değerleri gözlendi (Şekil 4.18).



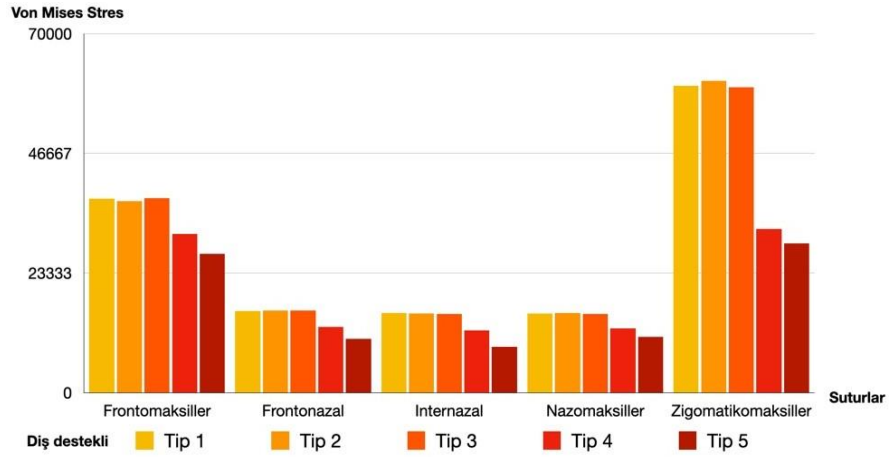
Şekil 4.18 : Anterior ve posterior midpalatal sütura ait Von Mises stres değerleri.

#### 4.1.4.3. Kraniofasiyal süturlara ait Von Mises stres değerleri

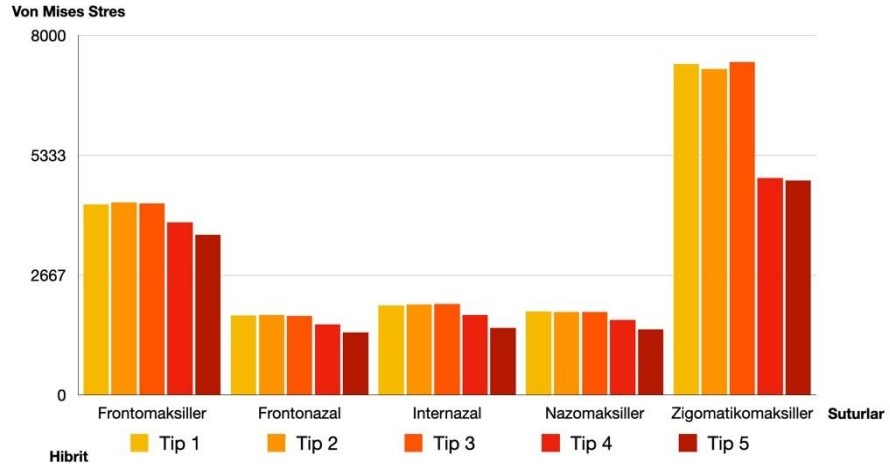
Maksiller yapıyı çevreleyen süturlarda gruplar arasında en yüksekten en düşüğe doğru stres birikim seviyeleri sırasıyla kemik destekli, diş destekli ve hibrit gruplar olarak sıralanmaktadır. Sirkummaksiller süturlar içerisinden en yüksek stres birikimi tüm gruplar arasında frontomaksiller ve zigomatikomaksiller süturlarda görülmüştür. Pterigomaksiller bileşkenin ayrımı olsun veya olmasın SARME işlemi (tip 4 ve tip 5 ) tüm gruplarda tüm süturlarda biriken stres miktarını azalttı.

Frontomaksiler süturda biriken stres değeri her 3 grup için de sırasıyla şu şekildedir; Tip 1= Tip 2= Tip 3 >Tip 4 >Tip 5. Kortikopuncture uygulaması stres değeri açısından etkili olmamıştır.

Zigomatikomaksiller süturda diş destekli ve hibrit gruplarda stres değerleri Tip 1 = Tip 2 =Tip 3 > Tip 4> Tip 5 iken kemik destekli grupta en yüksek stres değerleri tip 2 ve tip 3'te görülmüştür. Kortikopuncture uygulaması (tip2 ve tip3), kemik destekli grupta zigomatikomaksiller sütur üzerindeki stres birikimi değerini arttırdı. Tip 4 ve tip 5'te benzer stres değerleri görülmüştür (şekil 4.19, şekil 4.20, şekil 4.21).



şekil 4.19 : Diş destekli grupta frontomaksiller, frontonazal, internazal, nazomaksiller ve zigomatikomaksiller süturlara ait Von Mises stres değerleri.



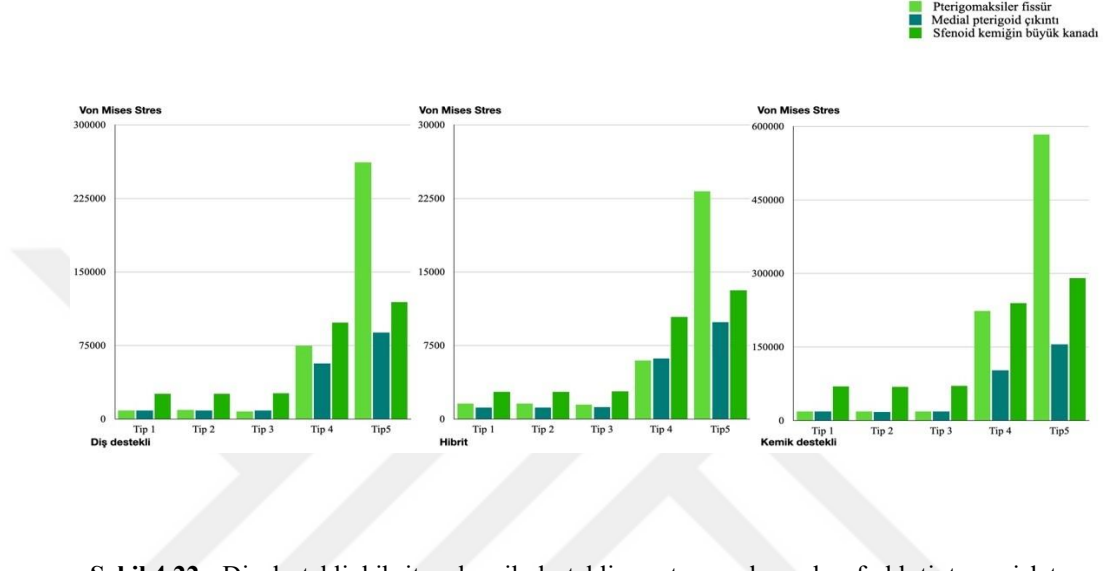
**Şekil 4.20 :** Hibrit grupta frontomaksiller, frontonazal, internazal, nazomaksiller ve zigomatikomaksiller süturlara ait Von Mises stres değerleri.



**Şekil 4.21 :** Kemik destekli grupta frontomaksiller, frontonazal, internazal, nazomaksiller ve zigomatikomaksiller süturlara ait Von Mises stres değerleri.

#### 4.1.4.4. Pterigomaksiller fissür, medial pterigoid ve sfenoid kemiğe ait Von Mises stres değerleri

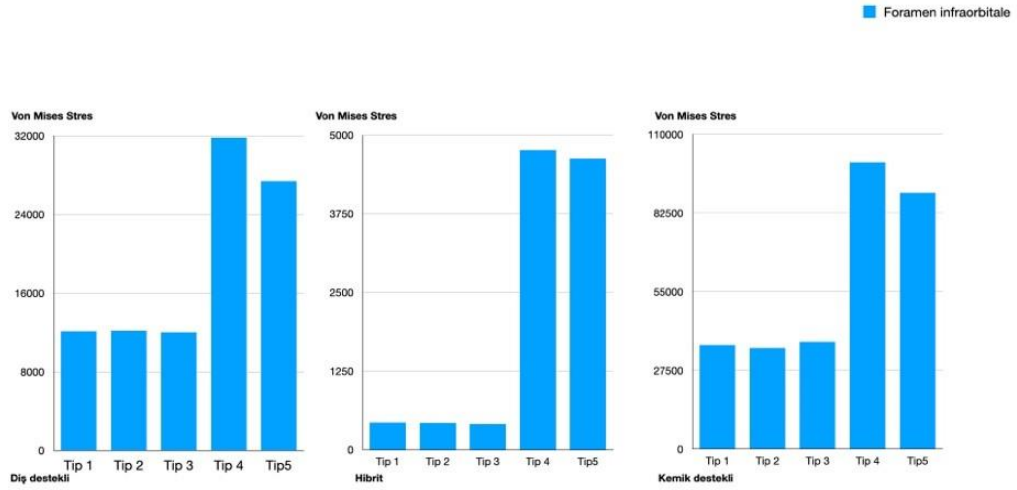
Pterigomaksiller fissür, medial pterigoid çıkıntı ve sfenoid kemikte biriken stres değerleri karşılaştırıldığında her 3 grup için uygulanan 5 farklı tipte genişletme yönteminde bütün noktalarda biriken stres değerleri büyükten küçüğe doğru şu şekildedir; Tip 5> Tip 4> Tip 1= Tip 2= Tip 3 (Şekil 4.22).



Şekil 4.22 : Diş destekli, hibrit ve kemik destekli grupta uygulanan beş farklı tipte genişletme yönteminde pterigomaksiler fissür, medial pterigoid çıkıntı ve sfenoid kemiğin büyük kanadında görülen stres değerleri .

#### 4.1.4.5. Foramen infraorbitaleye ait Von Mises stres değerleri

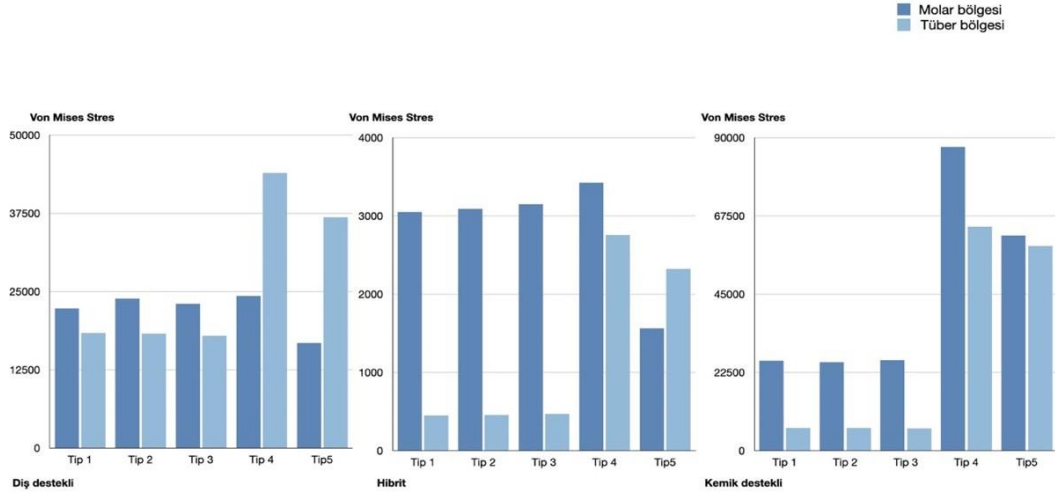
Foramen infraorbitalede biriken stres değerleri karşılaştırıldığında her 3 grup için uygulanan 5 farklı tipte genişletme yönteminde foramen infraorbitalede biriken stres değerleri büyükten küçüğe doğru şu şekildedir; Tip 4> Tip 5> Tip 1= Tip 2= Tip 3. (Şekil 4.23).



**Şekil 4.23 :** Diş destekli, hibrit ve kemik destekli grupta uygulanan beş farklı tipte genişletme yönteminde foramen infraorbitalede görülen stres değerleri.

#### 4.1.4.6. Molar ve tüber bölgelerinde görülen stres değerleri

Molar bölgesinde biriken stres miktarı karşılaştırıldığında diş destekli ve hibrit grupta sadece tip 5 uygulamasında stres değeri azalmıştır ve diğer genişletme yöntemlerinde stres değerleri benzer bulunmuştur. Kemik destekli grupta ise en yüksek stres değeri tip 4 ve ardından da tip 5'te görülmüştür. Tip 1, 2, 3'te daha düşük olmakla birlikte benzer stres değerleri görülmüştür. Tüber bölgesinde biriken stres miktarı karşılaştırıldığında en yüksekten en düşüğe doğru her 3 grup için de sırasıyla şu şekildedir; Tip 4> Tip 5> Tip 1= Tip 2= Tip 3 ( Şekil 4.24).



Şekil 4.24 : Molar ve tüber bölgelerinde görülen stres değerleri.

Maksilanın zigomatik prosesi için en yüksek stres değeri her 3 grup için de tip 3 genişletme yönteminde görülmüştür. Sarma uygulamaları bütün gruplarda bu bölgede biriken stres miktarını azaltmıştır.

Diş destekli grupta lateral nazal duvarda incelenen stres değerlerine bakıldığında en yüksek stres tip 3 genişletme yönteminde görülürken, en düşük stres değerleri tip 4 ve tip 5 genişletme yöntemlerinde görülmüştür.

## 4.2. Grupların x,y,z ekseninde ve total yer değiştirme miktarları

### 4.2.1 Diş destekli grupta x-y-z ekseninde ve total yer değiştirme miktarları

#### 4.2.1.1. Tip 1 genişletme yöntemi

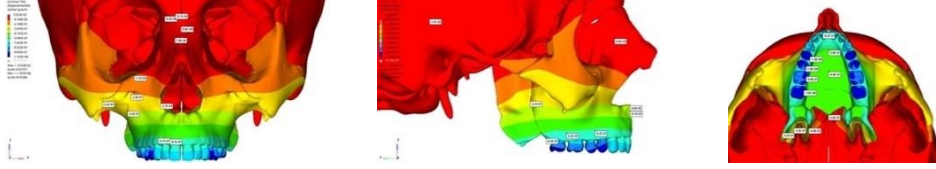
Diş destekli grupta Tip 1 genişletme yönteminin Şekil 4.25, Şekil 4.26, Şekil 4.27 ve Şekil 4.28 'de belirtilmiş olan noktadaki x,y,z eksenini ve total yer değiştirme miktarı Tablo 4.1.'de mm cinsinden verilmektedir.

**Tablo 4.1 :** Diş destekli grupta Tip 1 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları.

<b>Ölçüm Yapılan Nokta</b>	<b>X Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Y Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Z Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Total Yer Değiştirme</b>
<b>Lateral Pterigoid Çıkıntı</b>	0.57	0.024	0.17	0.6
<b>Medial Pterigoid Çıkıntı</b>	-0.48	-0.019	-0.066	0.48
<b>Posterior Nazal Spina</b>	-0.50	-0.0098	-0.28	0.58
<b>Posterior Palatinal Bölge</b>	-0.48	0.0	-0.28	0.56
<b>Anterior Palatinal Bölge</b>	-0.58	0.0	-0.27	0.64
<b>Kesici İnsizal Kenarı</b>	-0.82	-0.014	-0.20	0.84
<b>1. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-1.0	-0.11	-0.13	1.1
<b>2. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-1.0	-0.083	-0.073	1
<b>1. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-0.99	-0.066	-0.12	1
<b>2. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-1.0	-0.067	-0.13	1
<b>Sfenoid Kemik'in Büyük Kanadı</b>	-0.33	0.0035	0.054	0.34
<b>Sütura Frontomaksillaris</b>	-0.00063	0.011	0.0064	0.012
<b>Sütura Frontanazalis</b>	-0.00041	0.012	0.0079	0.014
<b>Sütura İnternazalis</b>	0.00078	0.023	-0.023	0.032
<b>Sütura Nazomaksillaris</b>	0.0	0.017	-0.011	0.02
<b>Sütura Zigomatikomaksillaris</b>	-0.24	-0.0052	0.25	0.35
<b>Lateral Nazal Duvar</b>	-0.27	0.020	-0.041	0.27
<b>Kanin Bölgesi</b>	-0.61	-0.024	-0.033	0.61
<b>Kesici Bölgesi</b>	-0.61	-0.013	-0.15	0.62
<b>Maksillanın Zigomatik Prosesi</b>	-0.33	-0.0028	0.17	0.37
<b>Foramen İnfraorbitale</b>	-0.23	0.0042	0.15	0.27
<b>İnfraorbital Marjin</b>	-0.11	0.012	0.12	0.16
<b>Temporal Kemik</b>	0.014	0.034	0.046	0.059
<b>Pterigomaksiller Fissur</b>	-0.31	0.0091	0.089	0.32
<b>Tüber Bölgesi</b>	-0.65	-0.0022	0.041	0.66
<b>Molar Bölgesi</b>	-0.62	-0.0040	0.11	0.63
<b>Premolar Bölgesi</b>	-0.62	-0.023	0.062	0.62
<b>A noktası</b>	-0.41	-0.000074	-0.26	0.48
<b>Anterior Nazal Spina</b>	-0.36	0.000041	-0.25	0.44
<b>Frontal Process</b>	-0.0096	0.022	-0.0089	0.025

### **Diş destekli grupta Tip 1 genişletme yöntemi ile X Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri**

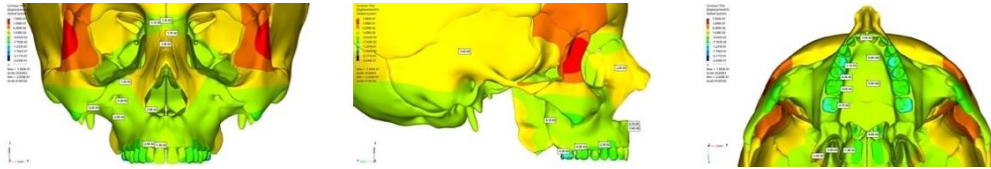
Çalışmamızda diş destekli grupta tip 1 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda X ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.25’de verilmektedir.



**Şekil 4.25 :** Diş destekli grupta tip 1 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Diş destekli grupta Tip 1 genişletme yöntemi ile Y Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri**

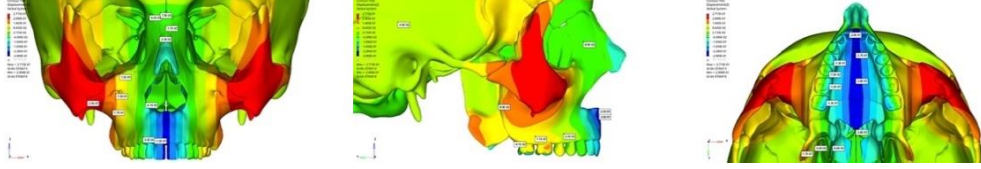
Çalışmamızda diş destekli grupta tip 1 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Y ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.26’da verilmektedir.



**Şekil 4.26 :** Diş destekli grupta tip 1 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Diş destekli grupta Tip 1 genişletme yöntemi ile Z Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri**

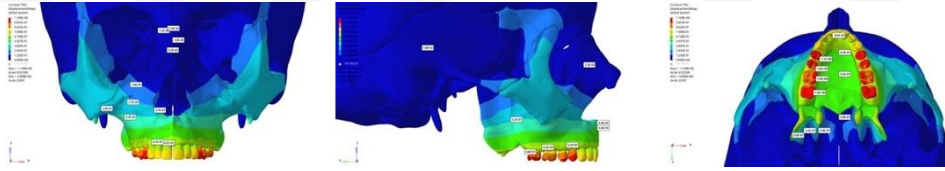
Çalışmamızda diş destekli grupta tip 1 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Z ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.27’de verilmektedir.



**Şekil 4.27** : Diş destekli grupta tip 1 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Diş destekli grupta Tip 1 genişletme yöntemi ile Meydana Gelen Total Yer Değişirme Değerleri**

Çalışmamızda diş destekli grupta tip 1 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda total yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.28’de verilmektedir.



**Şekil 4.28** : Diş destekli grupta tip 1 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları.

#### **4.2.1.2. Tip 2 genişletme yöntemi**

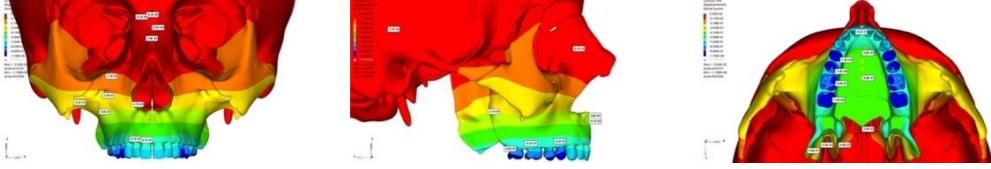
Diş destekli grupta Tip 2 genişletme yönteminin Şekil 4.29, Şekil 4.30, Şekil 4.31 ve Şekil 4.32 ’de belirtilmiş olan noktalardaki x,y,z ekseni ve total yer değiştirme miktarı Tablo 4.2.’de mm cinsinden verilmektedir.

Tablo 4.2 : Diş destekli grupta Tip 2 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları.

Ölçüm Yapılan Nokta	X Eksenindeki Hareket Miktarı	Y Eksenindeki Hareket Miktarı	Z Eksenindeki Hareket Miktarı	Total Yer Değiştirme
Lateral Pterigoid Çıkıntı	-0.58	0.023	0.17	0.6
Medial Pterigoid Çıkıntı	-0.48	-0.019	-0.066	0.48
Posterior Nazal Spina	-0.50	-0.01	-0.28	0.58
Posterior Palatinal Bölge	-0.48	0.0	-0.28	0.56
Anterior Palatinal Bölge	-0.58	0.0	-0.27	0.64
Kesici İnsizal Kenarı	-0.82	-0.014	-0.20	0.84
1. Premolar Palatinal Tüberkül	-1.0	-0.11	-0.13	1.1
2. Premolar Palatinal Tüberkül	-1.0	-0.084	-0.071	1
1. Molar Palatinal Tüberkül	-0.99	-0.068	-0.12	1
2. Molar Palatinal Tüberkül	-1.0	-0.068	-0.13	1
Sfenoid Kemik'in Büyük Kanadı	-0.33	0.0031	0.055	0.34
Sütura Frontomaksillaris	-0.00063	0.011	0.0084	0.014
Sütura Frontanazalis	-0.00042	0.013	0.01	0.016
Sütura İnternazalis	0.00078	0.023	-0.02	0.031
Sütura Nazomaksillaris	0.0	0.017	-0.0087	0.019
Sütura Zigomatikomaksillaris	-0.24	-0.0054	0.25	0.35
Lateral Nazal Duvar	-0.27	0.02	-0.039	0.27
Kanin Bölgesi	-0.61	-0.025	-0.033	0.61
Kesici Bölgesi	-0.61	-0.014	-0.15	0.62
Maksillanın Zigomatik Processi	-0.33	-0.0026	0.17	0.37
Foramen İnfraorbitale	-0.23	0.0041	0.15	0.27
İnfraorbital Marjin	-0.11	0.012	0.12	0.16
Temporal Kemik	0.014	0.035	0.047	0.06
Pterigomaksiller Fissur	-0.31	0.0088	0.089	0.32
Tüber Bölgesi	-0.66	-0.0032	0.042	0.66
Molar Bölgesi	-0.62	-0.0046	0.11	0.63
Premolar Bölgesi	-0.62	-0.024	0.065	0.63
A noktası	-0.41	-0.000078	-0.26	0.48
Anterior Nazal Spina	-0.36	0.000025	-0.25	0.44
Frontal Process	-0.0093	0.022	-0.0066	0.025

## **Diş destekli grupta Tip 2 genişletme yöntemi ile X Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri**

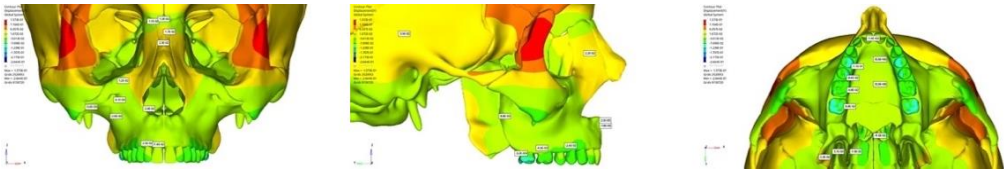
Çalışmamızda diş destekli grupta tip 2 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda X ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.29'da verilmektedir.



Şekil 4.29 : Diş destekli grupta tip 2 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

## **Diş destekli grupta Tip 2 genişletme yöntemi ile Y Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri**

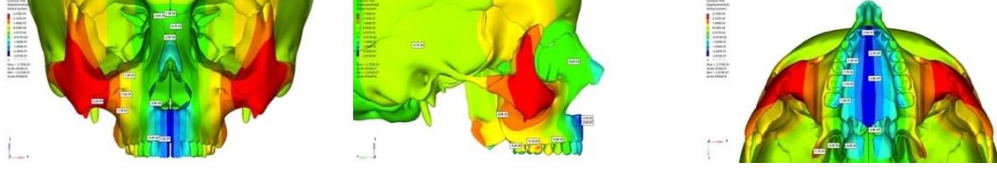
Çalışmamızda diş destekli grupta tip 2 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Y ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.30'da verilmektedir.



Şekil 4.30 : Diş destekli grupta tip 2 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Diş destekli grupta Tip 2 genişletme yöntemi ile Z Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri**

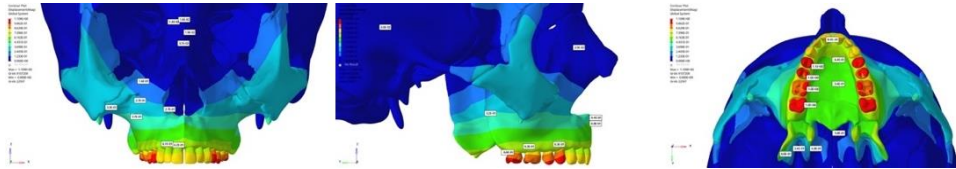
Çalışmamızda diş destekli grupta tip 2 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Z ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları 4.31’de verilmektedir.



**Şekil 4.31 :** Diş destekli grupta tip 2 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Diş destekli grupta Tip 2 genişletme yöntemi ile Meydana Gelen Total Yer Değişirme Değerleri**

Çalışmamızda diş destekli grupta tip 2 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda total yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.32’de verilmektedir.



**Şekil 4.32 :** Diş destekli grupta tip 2 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları.

#### **4.2.1.3. Tip 3 genişletme yöntemi**

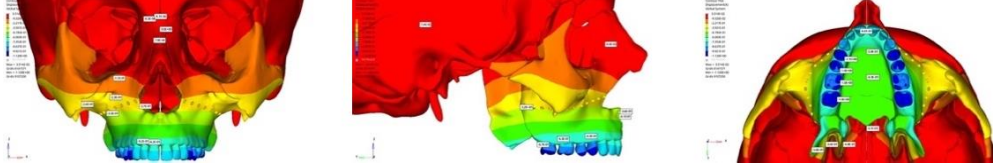
Diş destekli grupta Tip 3 genişletme yönteminin Şekil 4.33, Şekil 4.34, Şekil 4.35 ve Şekil 4.36’da belirtilmiş olan noktadaki x,y,z eksenini ve total yer değiştirme miktarı Tablo 4.3’de mm cinsinden verilmektedir.

**Tablo 4.3 :** Diş destekli grupta Tip 3 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları.

<b>Ölçüm Yapılan Nokta</b>	<b>X Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Y Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Z Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Total Yer Değiştirme</b>
<b>Lateral Pterigoid Çıkıntı</b>	-0.58	0.025	0.18	0.61
<b>Medial Pterigoid Çıkıntı</b>	-0.48	-0.019	-0.067	0.49
<b>Posterior Nazal Spina</b>	-0.51	-0.0099	-0.29	0.59
<b>Posterior Palatinal Bölge</b>	-0.49	0.0	-0.29	0.57
<b>Anterior Palatinal Bölge</b>	-0.59	0.0	-0.28	0.65
<b>Kesici İnsizal Kenarı</b>	-0.84	-0.014	-0.20	0.86
<b>1. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-1.1	-0.11	-0.13	1.1
<b>2. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-1.0	-0.082	-0.073	1
<b>1. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-1.0	-0.066	-0.12	1
<b>2. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-1.0	-0.066	-0.13	1.1
<b>Sfenoid Kemiğin Büyük Kanadı</b>	-0.34	0.0039	0.055	0.34
<b>Sütura Frontomaksillaris</b>	-0.00063	0.011	0.0066	0.013
<b>Sütura Frontanazalis</b>	-0.00041	0.012	0.0082	0.015
<b>Sütura İnternazalis</b>	0.00078	0.023	-0.022	0.032
<b>Sütura Nazomaksillaris</b>	0.0	0.017	-0.011	0.02
<b>Sütura Zigomatikomaksillaris</b>	-0.24	-0.0051	0.25	0.35
<b>Lateral Nazal Duvar</b>	-0.27	0.019	-0.043	0.27
<b>Kanin Bölgesi</b>	-0.62	-0.024	-0.036	0.62
<b>Kesici Bölgesi</b>	-0.62	-0.013	-0.15	0.64
<b>Maksillanın Zigomatik Processi</b>	-0.33	-0.0035	0.17	0.37
<b>Foramen İnfraorbitale</b>	-0.23	0.0037	0.15	0.27
<b>İnfraorbital Marjin</b>	-0.11	0.012	0.12	0.16
<b>Temporal Kemik</b>	0.014	0.034	0.046	0.059
<b>Pterigomaksiller Fissur</b>	-0.32	0.0099	0.091	0.33
<b>Tüber Bölgesi</b>	-0.67	-0.0017	0.046	0.67
<b>Molar Bölgesi</b>	-0.63	-0.0037	0.11	0.64
<b>Premolar Bölgesi</b>	-0.63	-0.022	0.062	0.63
<b>A noktası</b>	-0.41	-0.0002	-0.25	0.48
<b>Anterior Nazal Spina</b>	-0.36	0.000061	-0.26	0.45
<b>Frontal Process</b>	-0.0093	0.022	-0.0087	0.025

### **Diş destekli grupta Tip 3 genişletme yöntemi ile X Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri**

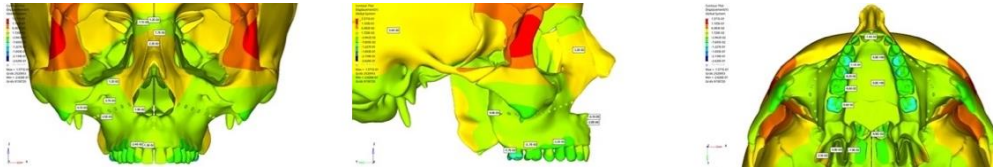
Çalışmamızda diş destekli grupta tip 3 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda X ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.33'de verilmektedir.



Şekil 4.33 : Diş destekli grupta tip 3 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Diş destekli grupta Tip 3 genişletme yöntemi ile Y Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri**

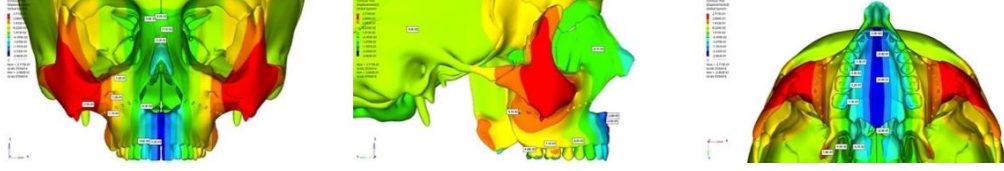
Çalışmamızda diş destekli grupta tip 3 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Y ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.34'de verilmektedir.



Şekil 4.34 : Diş destekli grupta tip 3 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Diş destekli grupta Tip 3 genişletme yöntemi ile Z Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri**

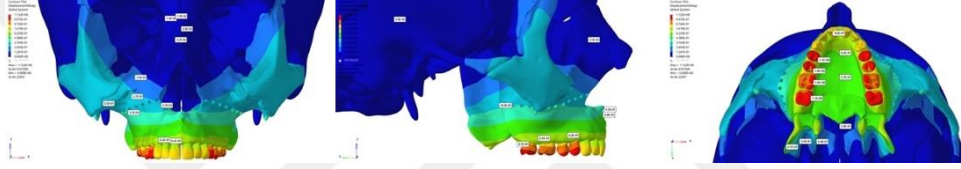
Çalışmamızda diş destekli grupta tip 3 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Z ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.35'de verilmektedir.



Şekil 4.35 : Diş destekli grupta tip 3 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### Diş destekli grupta Tip 3 genişletme yöntemi ile Meydana Gelen Total Yer Değiştirme Değerleri

Çalışmamızda diş destekli grupta tip 3 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda total yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.36'da verilmektedir.



Şekil 4.36 : Diş destekli grupta tip 3 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları.

#### 4.2.1.4. Tip 4 genişletme yöntemi

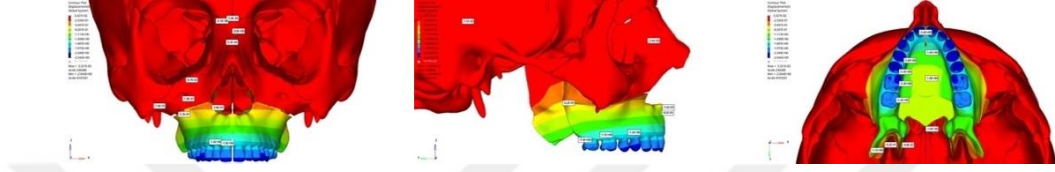
Diş destekli grupta Tip 4 genişletme yönteminin Şekil 4.37, Şekil 4.38, Şekil 4.39 ve Şekil 4.40'da belirtilmiş olan noktalardaki x,y,z ekseni ve total yer değiştirme miktarı Tablo 4..4'de mm cinsinden verilmektedir.

**Tablo 4.4 : Diş destekli grupta Tip 4 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları.**

<b>Ölçüm Yapılan Nokta</b>	<b>X Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Y Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Z Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Total Yer Değiştirme</b>
<b>Lateral Pterigoid Çıkıntı</b>	-1.1	0.19	0.41	1.2
<b>Medial Pterigoid Çıkıntı</b>	-0.90	0.021	-0.16	0.92
<b>Posterior Nazal Spina</b>	-1.0	0.004	-0.77	1.3
<b>Posterior Palatinal Bölge</b>	-1.0	0.0	-1.0	1.5
<b>Anterior Palatinal Bölge</b>	-1.4	0.0	-1.1	1.8
<b>Kesici İnsizal Kenarı</b>	-2.4	0.012	-0.82	2.5
<b>1. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-2.4	-0.065	-0.34	2.4
<b>2. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-2.3	-0.022	-0.17	2.3
<b>1. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-2.3	-0.0098	-0.22	2.3
<b>2. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-2.2	-0.0058	-0.16	2.2
<b>Sfenoid Kemigın Büyük Kanadı</b>	-0.52	0.14	0.12	0.55
<b>Sütura Frontomaksillaris</b>	-0.00045	0.015	-0.025	0.03
<b>Sütura Frontanazalis</b>	-0.00029	0.017	-0.025	0.03
<b>Sütura İnternazalis</b>	0.00063	0.03	-0.051	0.059
<b>Sütura Nazomaksillaris</b>	0.0	0.022	-0.041	0.047
<b>Sütura Zigomatikomaksillaris</b>	-0.19	0.024	0.17	0.25
<b>Lateral Nazal Duvar</b>	-0.39	0.039	-0.35	0.53
<b>Kanin Bölgesi</b>	-1.6	0.050	-0.25	1.6
<b>Kesici Bölgesi</b>	-1.6	0.023	-0.67	1.8
<b>Maksillanın Zigomatik Processi</b>	-0.23	0.067	0.11	0.26
<b>Foramen İnfraorbitale</b>	-0.19	0.039	0.10	0.22
<b>İnfraorbital Marjin</b>	-0.097	0.032	0.083	0.13
<b>Temporal Kemik</b>	0.0011	0.029	0.029	0.041
<b>Pterigomaksiller Fissur</b>	-0.52	0.16	0.21	0.58
<b>Tüber Bölgesi</b>	-1.5	0.063	0.15	1.5
<b>Molar Bölgesi</b>	-1.5	0.12	0.43	1.5
<b>Premolar Bölgesi</b>	-1.5	0.088	0.17	1.5
<b>A noktası</b>	-0.92	0.0012	-1.0	1.4
<b>Anterior Nazal Spina</b>	-0.74	0.0010	-1.0	1.3
<b>Frontal Process</b>	-0.0074	0.031	-0.036	0.049

### **Diş destekli grupta Tip 4 genişletme yöntemi ile X Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri**

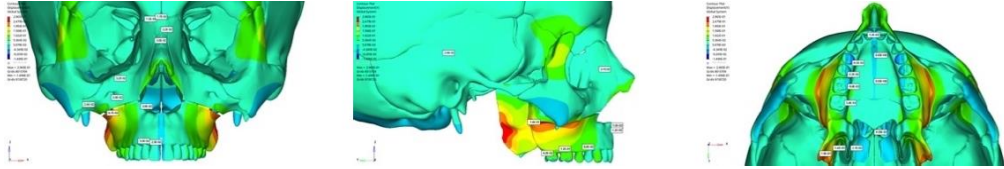
Çalışmamızda diş destekli grupta tip 4 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda X ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.37’de verilmektedir.



Şekil 4.37 : Diş destekli grupta tip 4 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Diş destekli grupta Tip 4 genişletme yöntemi ile Y Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri**

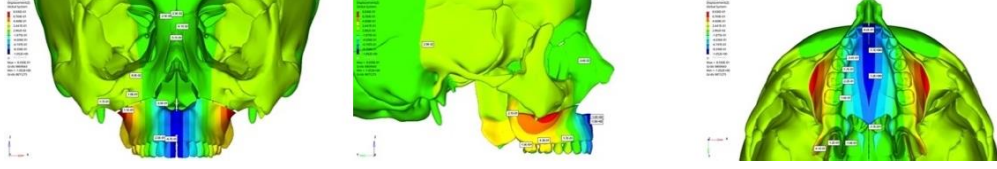
Çalışmamızda diş destekli grupta tip 4 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Y ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.38’de verilmektedir.



Şekil 4.38 : Diş destekli grupta tip 4 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Diş destekli grupta Tip 4 genişletme yöntemi ile Z Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri**

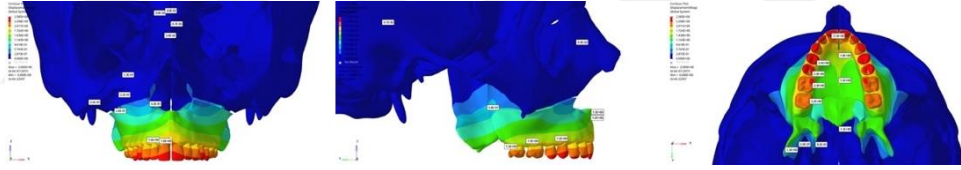
Çalışmamızda diş destekli grupta tip 4 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Z ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.39'da verilmektedir.



**Şekil 4.39** : Diş destekli grupta tip 4 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Diş destekli grupta Tip 4 genişletme yöntemi ile Meydana Gelen Total Yer Değişirme Değerleri**

Çalışmamızda diş destekli grupta tip 4 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda total yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.40'da verilmektedir.



**Şekil 4.40** : Diş destekli grupta tip 4 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları.

#### **4.2.1.5. Tip 5 genişletme yöntemi**

Diş destekli grupta Tip 5 genişletme yönteminin Şekil 4.41, Şekil 4.42, Şekil 4.43 ve Şekil 4.44'de belirtilmiş olan noktalardaki x,y,z eksenini ve total yer değiştirme miktarı Tablo 4.5'de mm cinsinden verilmektedir.

**Tablo 4.5 :** Diş destekli grupta Tip 5 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları.

<b>Ölçüm Yapılan Nokta</b>	<b>X Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Y Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Z Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Total Yer Değiştirme</b>
<b>Lateral Pterigoid Çıkıntı</b>	-1.7	0.076	0.69	1.9
<b>Medial Pterigoid Çıkıntı</b>	-1.3	-0.00094	-0.24	1.3
<b>Posterior Nazal Spina</b>	-1.3	0.00061	-1.1	1.7
<b>Posterior Palatinal Bölge</b>	-1.3	0.0	-1.4	1.9
<b>Anterior Palatinal Bölge</b>	-1.8	0.0	-1.4	2.2
<b>Kesici İnsizal Kenarı</b>	-3.0	0.011	-1.1	3.2
<b>1. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-3.0	-0.051	-0.43	3
<b>2. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-3.0	-0.017	-0.20	3
<b>1. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-2.9	-0.0045	-0.23	3
<b>2. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-2.9	0.0064	-0.13	2.9
<b>Sfenoid Kemik'in Büyük Kanadı</b>	-0.66	0.13	0.18	0.7
<b>Sutura Frontomaksillaris</b>	-0.00043	0.000051	-0.035	0.035
<b>Sutura Frontanazalis</b>	-0.00028	0.0019	-0.033	0.033
<b>Sutura İnternazalis</b>	0.00047	0.0075	-0.052	0.053
<b>Sutura Nazomaksillaris</b>	0.0	0.0031	-0.045	0.045
<b>Sutura Zigomatikomaksillaris</b>	-0.19	-0.028	0.15	0.25
<b>Lateral Nazal Duvar</b>	-0.36	0.0044	-0.46	0.59
<b>Kanin Bölgesi</b>	-1.9	0.031	-0.32	2
<b>Kesici Bölgesi</b>	-2.0	0.016	-0.87	2.2
<b>Maksillanın Zigomatik Processi</b>	-0.24	0.015	0.10	0.26
<b>Foramen İnfraorbitale</b>	-0.19	-0.017	0.10	0.22
<b>İnfraorbital Marjin</b>	-0.092	-0.00088	0.089	0.13
<b>Temporal Kemik</b>	0.0011	0.020	0.025	0.032
<b>Pterigomaksiller Fissur</b>	-0.59	0.19	0.39	0.73
<b>Tüber Bölgesi</b>	-2.0	0.017	0.30	2
<b>Molar Bölgesi</b>	-1.9	0.072	0.66	2
<b>Premolar Bölgesi</b>	-1.9	0.055	0.23	1.9
<b>A noktası</b>	-1.0	0.00049	-1.3	1.7
<b>Anterior Nazal Spina</b>	-0.8	0.06	-1.3	1.6
<b>Frontal Process</b>	-0.0049	0.091	-0.043	0.044

### **Diş destekli grupta Tip 5 genişletme yöntemi ile X Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri**

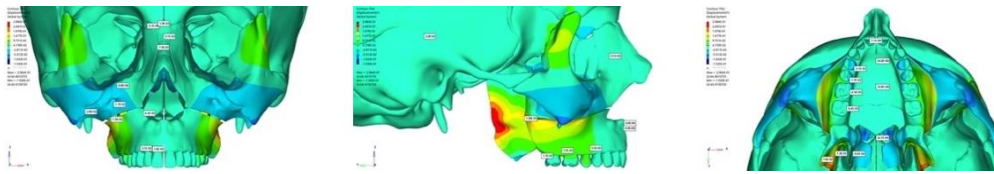
Çalışmamızda diş destekli grupta tip 5 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda X ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.41’de verilmektedir.



Şekil 4.41 : Diş destekli grupta tip 5 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Diş destekli grupta Tip 5 genişletme yöntemi ile Y Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri**

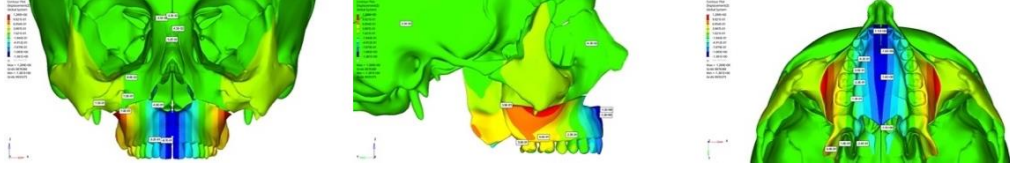
Çalışmamızda diş destekli grupta tip 5 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Y ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.42’de verilmektedir.



Şekil 4.42 : Diş destekli grupta tip 5 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Diş destekli grupta Tip 5 genişletme yöntemi ile Z Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri**

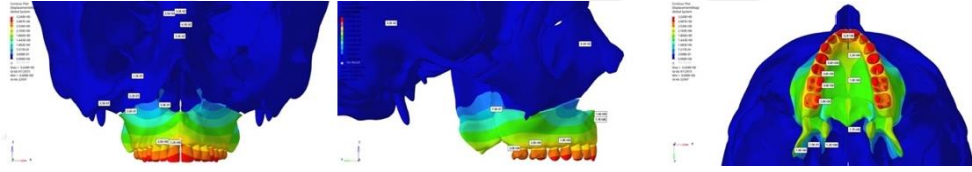
Çalışmamızda diş destekli grupta tip 5 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Z ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.43'de verilmektedir.



Şekil 4.43 : Diş destekli grupta tip 5 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### Diş destekli grupta Tip 5 genişletme yöntemi ile Meydana Gelen Total Yer Değiştirme Değerleri

Çalışmamızda diş destekli grupta tip 5 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda total yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.44'de verilmektedir.



Şekil 4.44 : Diş destekli grupta tip 5 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları.

### 4.2.2. Hibrit Grubun X-Y-Z Ekseninde ve Total Yer Değiştirme Miktarları:

#### 4.2.2.1. Tip 1 genişletme yöntemi

Hibrit grupta Tip 1 genişletme yönteminin Şekil 4.45, Şekil 4.46, Şekil 4.47 ve Şekil 4.48'de belirtilmiş olan noktalardaki x,y,z eksenini ve total yer değiştirme miktarı Tablo 4.6'da mm cinsinden verilmektedir.

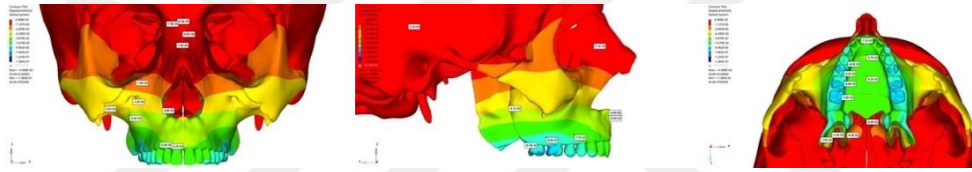
**Tablo 4.6 :** Hibrit grupta Tip 1 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları.

<b>Ölçüm Yapılan Nokta</b>	<b>X Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Y Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Z Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Total Yer Değiştirme</b>
<b>Lateral Pterigoid Çıkıntı</b>	-0.074	-0.0088	0.026	0.079
<b>Medial Pterigoid Çıkıntı</b>	-0.062	-0.012	-0.024	0.063
<b>Posterior Nazal Spina</b>	-0.069	-0.0060	-0.029	0.075
<b>Posterior Palatinal Bölge</b>	-0.062	0.0	-0.0044	0.063
<b>Anterior Palatinal Bölge</b>	-0.061	0.0	-0.0017	0.061
<b>Kesici İnsizal Kenarı</b>	-0.071	-0.0027	0.0027	0.072
<b>1. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-0.084	-0.013	0.012	0.085
<b>2. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-0.092	-0.015	0.013	0.094
<b>1. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-0.088	-0.034	-0.0080	0.0095
<b>2. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-0.096	-0.017	0.0089	0.098
<b>Sfenoid Kemiğin Büyük Kanadı</b>	-0.045	-0.0068	0.013	0.047
<b>Sütura Frontomaksillaris</b>	-0.000079	0.0064	0.017	0.018
<b>Sütura Frontanazalis</b>	-0.000049	0.0068	0.018	0.019
<b>Sütura İnternazalis</b>	0.0001	0.0055	0.016	0.017
<b>Sütura Nazomaksillaris</b>	0.0	0.0059	0.017	0.018
<b>Sütura Zigomatikomaksillaris</b>	-0.034	-0.0043	0.046	0.057
<b>Lateral Nazal Duvar</b>	-0.038	-0.0034	0.015	0.041
<b>Kanin Bölgesi</b>	-0.060	-0.0083	0.014	0.062
<b>Kesici Bölgesi</b>	-0.057	-0.0040	0.0059	0.058
<b>Maksillanın Zigomatik Processi</b>	-0.046	-0.0074	0.036	0.059
<b>Foramen İnfraorbitale</b>	-0.033	-0.0041	0.035	0.048
<b>İnfraorbital Marjin</b>	-0.018	-0.0038	0.033	0.038
<b>Temporal Kemik</b>	0.0032	0.0098	0.0092	0.014
<b>Pterigomaksiller Fissur</b>	-0.041	-0.0049	0.019	0.046
<b>Tüber Bölgesi</b>	-0.081	-0.012	0.015	0.083

<b>Molar Bölgesi</b>	-0.08	-0.012	0.025	0.084
<b>Premolar Bölgesi</b>	-0.071	-0.014	0.022	0.075
<b>A noktası</b>	-0.044	-0.00011	-0.0013	0.044
<b>Anterior Nazal Spina</b>	-0.040	-0.00023	0.0010	0.04
<b>Frontal Process</b>	-0.0015	0.0044	0.017	0.017

### Hibrit grupta Tip 1 genişletme yöntemi ile X Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri

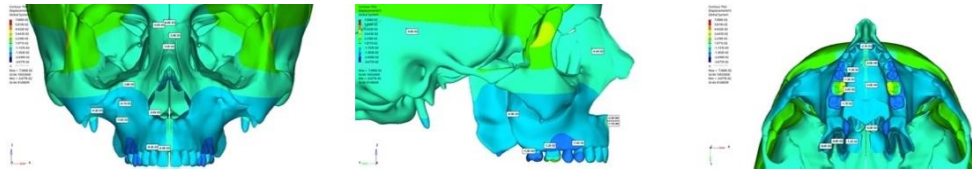
Çalışmamızda hibrit grupta tip 1 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda X ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.45’de verilmektedir.



Şekil 4.45 : Hibrit grupta tip 1 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### Hibrit grupta Tip 1 genişletme yöntemi ile Y Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri

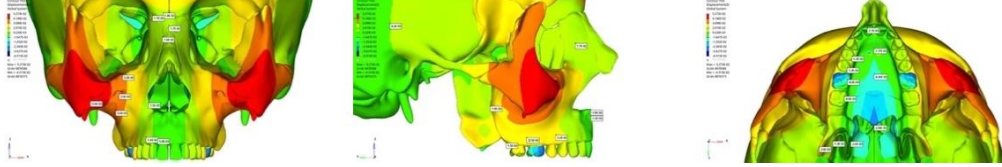
Çalışmamızda hibrit grupta tip 1 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Y ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.46’da verilmektedir.



Şekil 4.46 : Hibrit grupta tip 1 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Hibrit grupta Tip 1 genişletme yöntemi ile Z Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri**

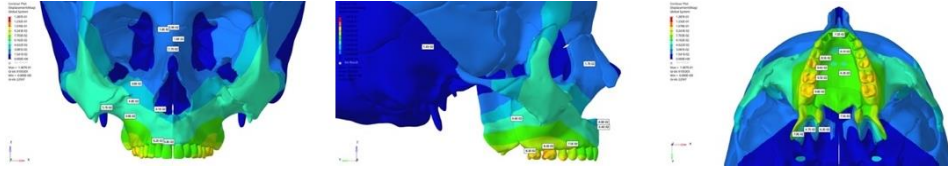
Çalışmamızda hibrit grupta tip 1 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Z ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.47’de verilmektedir.



Şekil 4.47 : Hibrit grupta tip 1 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Hibrit grupta Tip 1 genişletme yöntemi ile Meydana Gelen Total Yer Değişirme Değerleri**

Çalışmamızda hibrit grupta tip 1 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda total yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.48’de verilmektedir.



Şekil 4.48 : Hibrit grupta tip 1 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları.

#### **4.2.2.2. Tip 2 genişletme yöntemi**

Hibrit grupta Tip 2 genişletme yönteminin Şekil 4.49, Şekil 4.50, Şekil 4.51 ve Şekil 4.52’de belirtilmiş olan noktalardaki x,y,z eksenini ve total yer değiştirme miktarı Tablo 4.7’de mm cinsinden verilmektedir.

**Tablo 4.7 :** Hibrit grupta Tip 2 genişletme sonucunda elde edilen yer değıştirme miktarları.

<b>Ölçüm Yapılan Nokta</b>	<b>X Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Y Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Z Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Total Yer Değıştirme</b>
<b>Lateral Pterigoid Çıkıntı</b>	-0.074	-0.0088	0.026	0.078
<b>Medial Pterigoid Çıkıntı</b>	-0.062	-0.012	-0.026	0.063
<b>Posterior Nazal Spina</b>	-0.069	-0.0061	-0.029	0.075
<b>Posterior Palatinal Bölge</b>	-0.062	0.0	-0.0048	0.063
<b>Anterior Palatinal Bölge</b>	-0.059	0.0	-0.0022	0.06
<b>Kesici İnsizal Kenarı</b>	-0.071	-0.0024	0.0022	0.071
<b>1. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-0.083	-0.012	0.012	0.085
<b>2. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-0.091	-0.015	0.013	0.094
<b>1. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-0.088	-0.034	-0.0082	0.094
<b>2. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-0.096	-0.017	0.0086	0.098
<b>Sfenoid Kemğin Büyük Kanadı</b>	-0.045	-0.0068	0.013	0.047
<b>Sütura Frontomaksillaris</b>	-0.000079	0.0062	0.017	0.018
<b>Sütura Frontanazalis</b>	-0.000049	0.0066	0.018	0.019
<b>Sütura İnternazalis</b>	0.0001	0.0053	0.015	0.016
<b>Sütura Nazomaksillaris</b>	0.0	0.0057	0.016	0.017
<b>Sütura Zigomatikomaksillaris</b>	-0.034	-0.0043	0.045	0.057
<b>Lateral Nazal Duvar</b>	-0.038	-0.0035	0.015	0.041
<b>Kanin Bölgesi</b>	-0.060	-0.0081	0.013	0.062
<b>Kesici Bölgesi</b>	-0.057	-0.0038	0.0053	0.057
<b>Maksillanın Zigomatik Processi</b>	-0.046	-0.0074	0.036	0.059
<b>Foramen İnfraorbitale</b>	-0.033	-0.0042	0.035	0.048
<b>İnfraorbital Marjin</b>	-0.018	-0.0019	0.033	0.037
<b>Temporal Kemik</b>	0.0032	0.0096	0.0091	0.014

<b>Pterigomaksiller Fissur</b>	-0.041	-0.0050	0.019	0.045
<b>Tüber Bölgesi</b>	-0.080	-0.011	0.015	0.083
<b>Molar Bölgesi</b>	-0.079	-0.012	0.024	0.084
<b>Premolar Bölgesi</b>	-0.071	-0.014	0.021	0.075
<b>A noktası</b>	-0.044	-0.00011	-0.0018	0.044
<b>Anterior Nazal Spina</b>	-0.040	-0.00025	-0.0015	0.04
<b>Frontal Process</b>	-0.0015	0.0042	0.016	0.017

### Hibrit grupta Tip 2 genişletme yöntemi ile X Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri

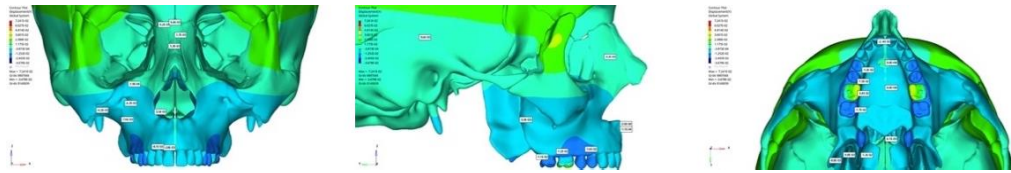
Çalışmamızda hibrit grupta tip 2 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda X ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.49'da verilmektedir.



Şekil 4.49 : Hibrit grupta tip 2 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### Hibrit grupta Tip 2 genişletme yöntemi ile Y Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri

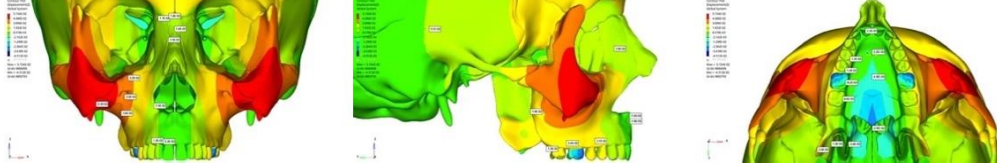
Çalışmamızda hibrit grupta tip 2 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Y ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.50'de verilmektedir.



Şekil 4.50 : Hibrit grupta tip 2 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### Hibrit grupta Tip 2 genişletme yöntemi ile Z Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri

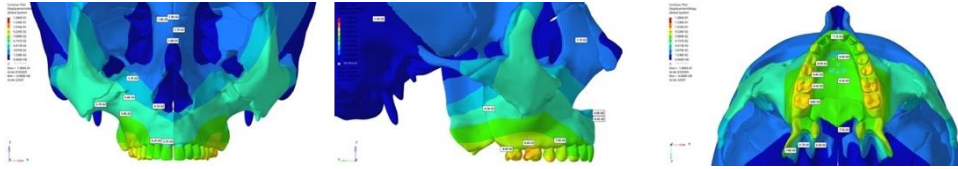
Çalışmamızda hibrit grupta tip 2 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Z ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.51’de verilmektedir.



Şekil 4.51 : Hibrit grupta tip 2 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Hibrit grupta Tip 2 genişletme yöntemi ile Meydana Gelen Total Yer Değiştirme Değerleri**

Çalışmamızda hibrit grupta tip 2 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda total yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.52’de verilmektedir.



Şekil 4.52 : Hibrit grupta tip 2 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları.

### **4.2.2.3. Tip 3 genişletme yöntemi**

Hibrit grupta Tip 3 genişletme yönteminin Şekil 4.53, Şekil 4.54, Şekil 4.55 ve Şekil 4.56’da belirtilmiş olan noktalardaki x,y,z ekseni ve total yer değiştirme miktarı Tablo 4.8’de mm cinsinden verilmektedir.

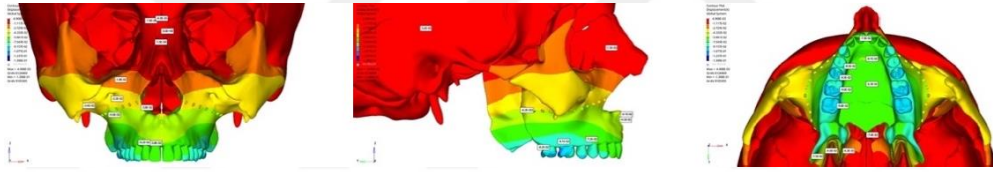
**Tablo 4.8 :** Hibrit grupta Tip 3 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları.

<b>Ölçüm Yapılan Nokta</b>	<b>X Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Y Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Z Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Total Yer Değiştirme</b>
<b>Lateral Pterigoid Çıkıntı</b>	-0.075	-0.0089	0.027	0.08
<b>Medial Pterigoid Çıkıntı</b>	-0.063	-0.012	-0.0025	0.064
<b>Posterior Nazal Spina</b>	-0.070	-0.0060	-0.029	0.077
<b>Posterior Palatinal Bölge</b>	-0.063	0.0	-0.0051	0.064
<b>Anterior Palatinal Bölge</b>	-0.061	0.0	-0.0023	0.062
<b>Kesici İnsizal Kenarı</b>	-0.073	-0.0026	0.0022	0.073
<b>1. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-0.085	-0.013	0.012	0.087
<b>2. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-0.093	-0.015	0.013	0.095
<b>1. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-0.090	-0.034	-0.0082	0.096
<b>2. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-0.098	-0.017	0.0089	0.099
<b>Sfenoid Kemiğin Büyük Kanadı</b>	-0.046	-0.0068	0.013	0.048
<b>Sütura Frontomaksillaris</b>	-0.000079	-0.0064	0.017	0.019
<b>Sütura Frontanazalis</b>	-0.000049	0.0068	0.018	0.02
<b>Sütura İnternazalis</b>	0.00010	0.0055	0.016	0.017
<b>Sütura Nazomaksillaris</b>	0.0	0.0059	0.017	0.018
<b>Sütura Zigomatikomaksillaris</b>	-0.034	-0.0043	0.046	0.057
<b>Lateral Nazal Duvar</b>	-0.038	-0.0035	0.015	0.041
<b>Kanin Bölgesi</b>	-0.062	-0.0084	0.014	0.064
<b>Kesici Bölgesi</b>	-0.058	-0.0041	0.0056	0.059
<b>Maksillanın Zigomatik Processi</b>	-0.046	-0.0075	0.037	0.059

Foramen İnfraorbitale	-0.033	-0.0042	0.035	0.049
İnfraorbital Marjin	-0.018	-0.000091	0.033	0.038
Temporal Kemik	0.0032	0.0099	0.0092	0.014
Pterigomaksiller Fissur	-0.042	-0.0049	0.019	0.046
Tüber Bölgesi	-0.082	-0.011	0.016	0.085
Molar Bölgesi	-0.081	-0.012	0.025	0.085
Premolar Bölgesi	-0.072	-0.014	0.022	0.076
A noktası	-0.045	-0.00054	-0.0011	0.045
Anterior Nazal Spina	-0.041	-0.00024	-0.0017	0.041
Frontal Process	-0.0015	0.0044	0.017	0.017

### Hibrit grupta Tip 3 genişletme yöntemi ile X Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri

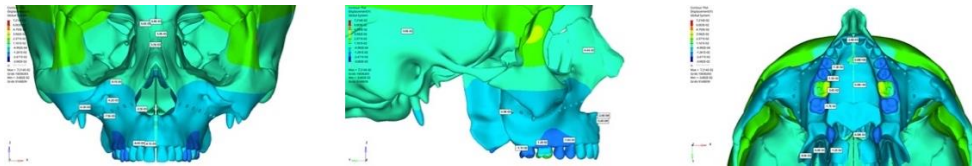
Çalışmamızda hibrit grupta tip 3 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda X ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.53'de verilmektedir.



Şekil 4.53 : Hibrit grupta tip 3 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### Hibrit grupta Tip 3 genişletme yöntemi ile Y Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri

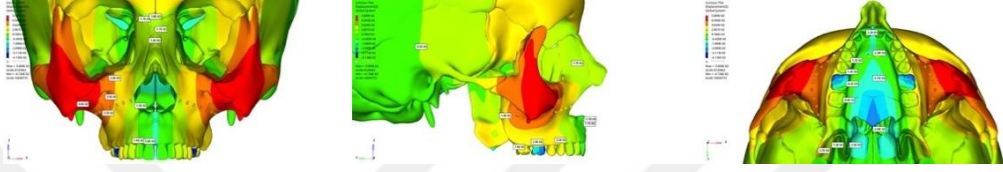
Çalışmamızda hibrit grupta tip 3 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Y ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.54'de verilmektedir.



Şekil 4.54 : Hibrit grupta tip 3 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### Hibrit grupta Tip 3 genişletme yöntemi ile Z Ekseninde Meydana Gelen Yer Değiştirme Değerleri

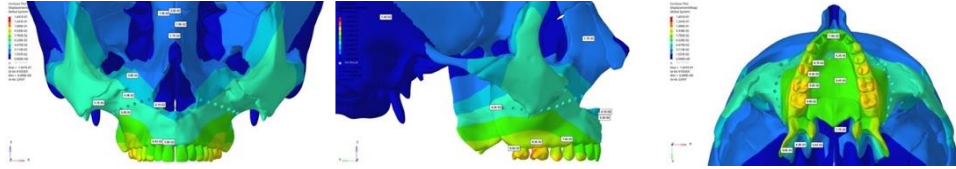
Çalışmamızda hibrit grupta tip 3 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Z ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.55’de verilmektedir.



Şekil 4.55 : Hibrit grupta tip 3 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### Hibrit grupta Tip 3 genişletme yöntemi ile Meydana Gelen Total Yer Değiştirme Değerleri

Çalışmamızda hibrit grupta tip 3 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda total yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.56’da verilmektedir.



Şekil 4.56 : Hibrit grupta tip 3 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları.

#### 4.2.2.4. Tip 4 genişletme yöntemi

Hibrit grupta Tip 4 genişletme yönteminin Şekil 4.57, Şekil 4.58, Şekil 4.59 ve Şekil 4.60 ‘da belirtilmiş olan noktalardaki x,y,z ekseni ve total yer değiştirme miktarı Tablo 4.9’da mm cinsinden verilmektedir.

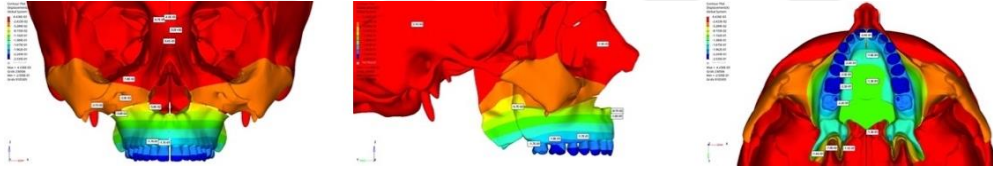
**Tablo 4.9 :** Hibrit grupta Tip 4 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları.

<b>Ölçüm Yapılan Nokta</b>	<b>X Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Y Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Z Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Total Yer Değiştirme</b>
<b>Lateral Pterigoid Çıkıntı</b>	-0.14	0.0081	0.054	0.15
<b>Medial Pterigoid Çıkıntı</b>	-0.11	-0.0078	-0.012	0.11
<b>Posterior Nazal Spina</b>	-0.13	-0.0048	-0.082	0.15
<b>Posterior Palatinal Bölge</b>	-0.13	0.0	-0.083	0.15
<b>Anterior Palatinal Bölge</b>	-0.16	0.0	-0.084	0.18
<b>Kesici İnsizal Kenarı</b>	-0.24	0.00054	0.064	0.25
<b>1. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-0.24	-0.0024	-0.012	0.24
<b>2. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-0.25	-0.0044	0.0033	0.25
<b>1. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-0.23	0.040	-0.012	0.24
<b>2. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-0.22	-0.015	0.0080	0.23
<b>Sfenoid Kemiğin Büyük Kanadı</b>	-0.70	0.0065	0.021	0.073
<b>Sütura Frontomaksillaris</b>	-0.000067	0.0079	0.016	0.018
<b>Sütura Frontanazalis</b>	-0.000040	0.0083	0.017	0.019
<b>Sütura İnternazalis</b>	0.000094	0.0069	0.015	0.017
<b>Sütura Nazomaksillaris</b>	0.0	0.0074	0.016	0.017
<b>Sütura Zigomatikomaksillaris</b>	-0.031	-0.0013	0.042	0.052
<b>Lateral Nazal Duvar</b>	-0.058	-0.0019	-0.017	0.061
<b>Kanin Bölgesi</b>	-0.17	-0.00022	0.0091	0.17
<b>Kesici Bölgesi</b>	-0.17	0.00020	-0.049	0.18

<b>Maksillanın Zigomatik Processi</b>	-0.038	-0.00074	0.035	0.052
<b>Foramen İnfraorbitale</b>	-0.033	-0.0012	0.035	0.048
<b>İnfraorbital Marjin</b>	-0.018	0.0021	0.034	0.038
<b>Temporal Kemik</b>	0.0021	0.010	0.0084	0.014
<b>Pterigomaksiller Fissur</b>	-0.067	0.010	0.034	0.076
<b>Tüber Bölgesi</b>	-0.17	-0.047	0.029	0.18
<b>Molar Bölgesi</b>	-0.18	0.00065	0.060	0.19
<b>Premolar Bölgesi</b>	-0.17	-0.0020	0.034	0.18
<b>A noktası</b>	-0.10	-0.000048	-0.081	0.13
<b>Anterior Nazal Spina</b>	-0.087	-0.000059	-0.083	0.12
<b>Frontal Process</b>	-0.0013	0.006	0.016	0.017

### Hibrit grupta Tip 4 genişletme yöntemi ile X Ekseninde Meydana Gelen Yer Değiştirme Değerleri

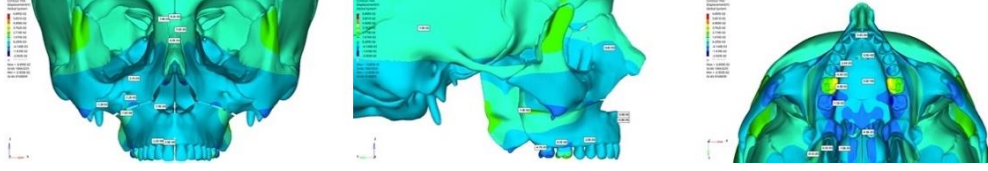
Çalışmamızda hibrit grupta tip 4 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda X ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.57'de verilmektedir.



Şekil 4.57 : Hibrit grupta tip 4 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### Hibrit grupta Tip 4 genişletme yöntemi ile Y Ekseninde Meydana Gelen Yer Değiştirme Değerleri

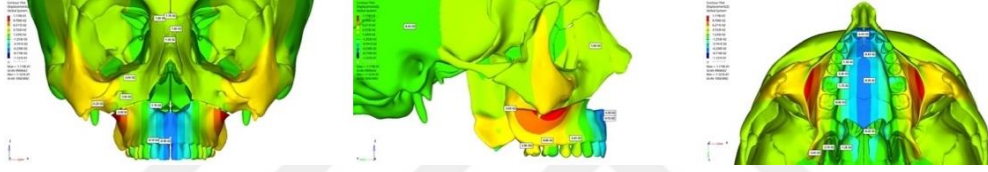
Çalışmamızda hibrit grupta tip 4 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Y ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.58'de verilmektedir.



Şekil 4.58 : Hibrit grupta tip 4 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### Hibrit grupta Tip 4 genişletme yöntemi ile Z Ekseninde Meydana Gelen Yer Değiştirme Değerleri

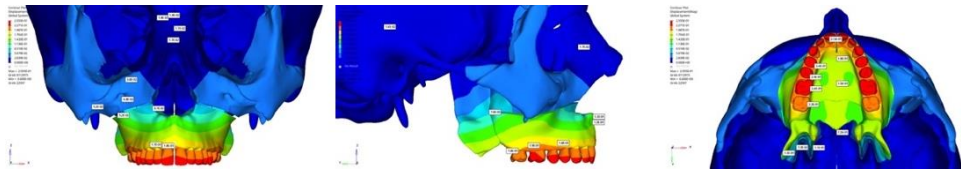
Çalışmamızda hibrit grupta tip 4 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Z ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.59'da verilmektedir.



Şekil 4.59 : Hibrit grupta tip 4 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### Hibrit grupta Tip 4 genişletme yöntemi ile Meydana Gelen Total Yer Değiştirme Değerleri

Çalışmamızda hibrit grupta tip 4 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda total yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.60'da verilmektedir.



Şekil 4.60 : Hibrit grupta tip 4 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları.

#### 4.2.2.5. Tip 5 genişletme yöntemi

Hibrit grupta Tip 5 genişletme yönteminin Şekil 4.61, Şekil 4.62, Şekil 4.63 ve Şekil 4.64’de belirtilmiş olan noktalardaki x,y,z eksen ve total yer değiştirme miktarı Tablo 4.10’da mm cinsinden verilmektedir.

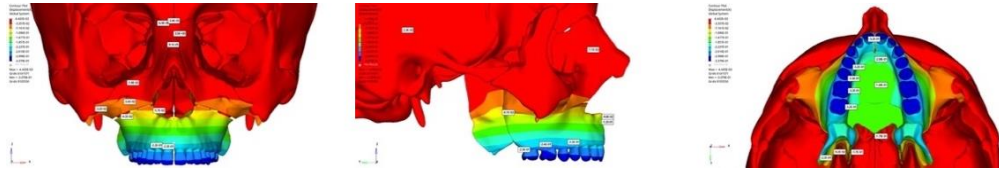
**Tablo 4. 10 :** Hibrit grupta Tip 5 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları.

<b>Ölçüm Yapılan Nokta</b>	<b>X Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Y Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Z Eksenindeki Hareket Miktarı</b>	<b>Total Yer Değiştirme</b>
<b>Lateral Pterigoid Çıkıntı</b>	-0.22	-0.0059	0.091	0.24
<b>Medial Pterigoid Çıkıntı</b>	-0.17	-0.011	-0.020	0.17
<b>Posterior Nazal Spina</b>	-0.17	-0.0051	-0.12	0.21
<b>Posterior Palatinal Bölge</b>	-0.16	0.0	-0.12	0.2
<b>Anterior Palatinal Bölge</b>	-0.20	0.0	-0.12	0.24
<b>Kesici İnsizal Kenarı</b>	-0.32	0.000070	-0.093	0.34
<b>1. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-0.32	-0.0038	-0.019	0.32
<b>2. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-0.33	-0.0061	0.0032	0.33
<b>1. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-0.32	0.039	-0.016	0.33
<b>2. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-0.32	-0.018	0.014	0.32
<b>Sfenoid Kemik’in Büyük Kanadı</b>	-0.0932	0.0055	0.031	0.097
<b>Sütura Frontomaksillaris</b>	-0.000069	0.0084	0.019	0.021

Sütura Frontanazalis	-0.000039	0.0090	0.021	0.023
Sütura İnternazalis	0.000081	0.0063	0.020	0.021
Sütura Nazomaksillaris	0.0	0.0074	0.020	0.021
Sütura Zigomatikomaksillaris	-0.032	-0.0070	0.045	0.056
Lateral Nazal Duvar	-0.057	-0.0058	-0.027	0.063
Kanin Bölgesi	-0.22	-0.0031	-0.015	0.22
Kesici Bölgesi	-0.22	-0.0011	-0.071	0.23
Maksillanın Zigomatik Processi	-0.042	-0.010	0.040	0.059
Foramen İnfraorbitale	-0.034	-0.0071	0.040	0.053
İnfraorbital Marjin	-0.018	-0.00083	0.039	0.043
Temporal Kemik	-0.0023	0.012	0.0090	0.015
Pterigomaksiller Fissur	-0.081	0.013	0.058	0.1
Tüber Bölgesi	-0.25	-0.011	0.049	0.25
Molar Bölgesi	-0.24	-0.0055	0.091	0.25
Premolar Bölgesi	-0.23	-0.0065	0.046	0.23
A noktası	-0.12	-0.00014	-0.12	0.17
Anterior Nazal Spina	-0.098	-0.00025	-0.12	0.15
Frontal Process	-0.0011	0.0051	0.019	0.02

### Hibrit grupta Tip 5 genişletme yöntemi ile X Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri

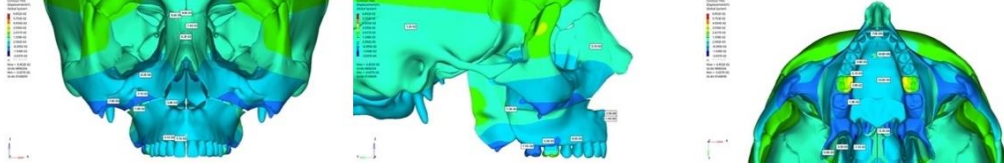
Çalışmamızda hibrit grupta tip 5 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda X ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.61’de verilmektedir.



Şekil 4.61 : Hibrit grupta tip 5 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### Hibrit grupta Tip 5 genişletme yöntemi ile Y Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri

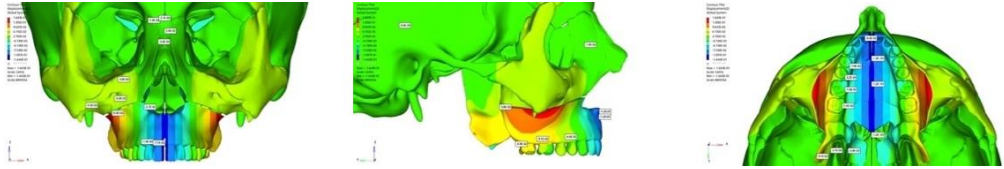
Çalışmamızda hibrit grupta tip 5 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Y ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.62’de verilmektedir.



Şekil 4.62 : Hibrit grupta tip 5 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Hibrit grupta Tip 5 genişletme yöntemi ile Z Ekseninde Meydana Gelen Yer Değiştirme Değerleri**

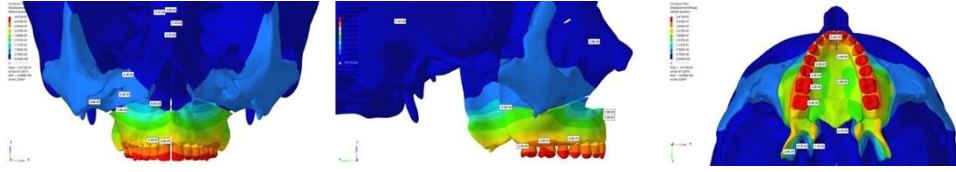
Çalışmamızda hibrit grupta tip 5 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Z ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.63’de verilmektedir.



Şekil 4.63 : Hibrit grupta tip 5 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Hibrit grupta Tip 5 genişletme yöntemi ile Meydana Gelen Total Yer Değiştirme Değerleri**

Çalışmamızda hibrit grupta tip 5 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda total yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.64’de verilmektedir.



Şekil 4.64 : Hibrit grupta tip 5 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları.

#### 4.2.3. Kemik destekli grubun x-y-z ekseninde ve total yer değiştirme miktarları:

##### 4.2.3.1. Tip 1 genişletme yöntemi

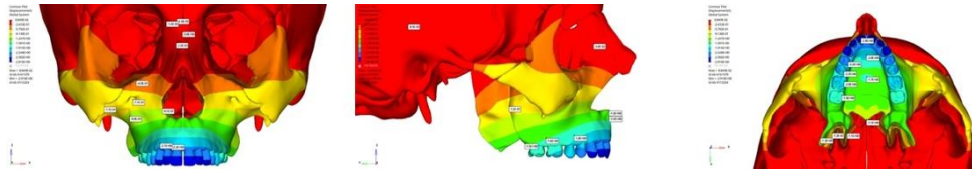
Kemik destekli grupta Tip 1 genişletme yönteminin Şekil 4.65, Şekil 4.66, Şekil 4.67 ve Şekil 4.68’de belirtilmiş olan noktalardaki x,y,z eksen ve total yer değiştirme miktarı Tablo 4.11’de mm cinsinden verilmektedir.

Ölçüm Yapılan Nokta	X Eksenindeki	Y Eksenindeki	Z Eksenindeki	Total Yer
	Hareket Miktarı	Hareket Miktarı	Hareket Miktarı	Değiştirme
Lateral Pterigoid Çıkıntı	-1.3	0,35	0.36	1.4
Medial Pterigoid Çıkıntı	-1.1	0.14	-0.19	1.1
Posterior Nazal Spina	-1.1	0.0079	-0.76	1.4
Posterior Palatinal Bölge	-1.7	0.0	-1.4	2.2
Anterior Palatinal Bölge	-2.0	0.0	-1.1	2.3
Kesici İnsizal Kenarı	-2.9	-0.022	-0.85	3
1. Premolar Palatinal Tüberkül	-2.4	0.05	-0.4	2.5
2. Premolar Palatinal Tüberkül	-2.2	0.15	-0.3	2.3
1. Molar Palatinal Tüberkül	-2.0	0.15	-0.29	2
2. Molar Palatinal Tüberkül	-1.9	0.22	-0.19	1.9
Sfenoid Kemik’in Büyük Kanadı	-0.73	0.21	0.081	7.7

Sutura Frontomaksillaris	-0.0014	0.018	-0.22	0.22
Sutura Frontanazalis	-0.0010	0.017	-0.23	0.23
Sutura İnternazalis	0.0025	0.11	-0.35	0.37
Sutura Nazomaksillaris	0.0	0.061	-0.3	0.31
Sutura Zigomatikomaksillaris	-0.4	0.26	0.46	0.88
Lateral Nazal Duvar	-0.91	0.16	-0.33	0.98
Kanin Bölgesi	-2.1	0.046	-0.28	2.1
Kesici Bölgesi	-2.2	0.0099	-0.67	2.3
Maksillanın Zigomatik Processi	-0.99	0.23	0.25	1
Foramen İnfraorbitale	-0.71	0.21	0.19	0.76
İnfraorbital Marjin	-0.4	0.20	0.13	0.46
Temporal Kemik	0.0085	0.049	0.081	0.095
Pterigomaksiller Fissur	-0.72	0.22	0.14	0.77
Tüber Bölgesi	-1.5	0.26	-0.00062	1.5
Molar Bölgesi	-1.6	0.28	0.082	1.6
Premolar Bölgesi	-1.8	0.19	-0.079	1.8
A noktası	-1.4	0.0013	-1.1	1.8
Anterior Nazal Spina	-1.3	0.0037	-1.1	1.6
Frontal Process	-0.038	0.12	-0.27	0.3

**Tablo 4.11 :** Kemik destekli grupta Tip 1 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları.  
**Kemik destekli grupta Tip 1 genişletme yöntemi ile X Ekseninde Meydana Gelen Yer Değiştirme Değerleri**

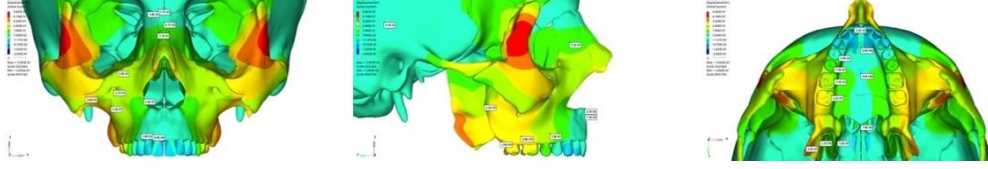
Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 1 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda X ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.65’de verilmektedir.



**Şekil 4.65 :** Kemik destekli grupta tip 1 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Kemik destekli grupta Tip 1 genişletme yöntemi ile Y Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri**

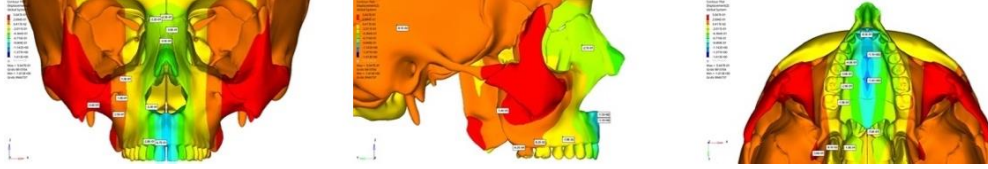
Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 1 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Y ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.66'da verilmektedir.



Şekil 4.66 : Kemik destekli grupta tip 1 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Kemik destekli grupta Tip 1 genişletme yöntemi ile Z Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri**

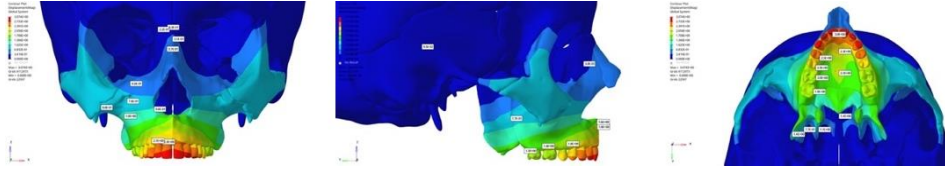
Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 1 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Z ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.67'de verilmektedir.



Şekil 4.67 : Kemik destekli grupta tip 1 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Kemik destekli grupta Tip 1 genişletme yöntemi ile Meydana Gelen Total Yer Değişirme Değerleri**

Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 1 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda total yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.68'de verilmektedir.



Şekil 4.68 : Kemik destekli grupta tip 1 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları.

#### 4.2.3.2. Tip 2 genişletme yöntemi

Kemik destekli grupta Tip 2 genişletme yönteminin Şekil 4.69, Şekil 4.70, Şekil 4.71 ve Şekil 4.72’de belirtilmiş olan noktalardaki x,y,z ekseni ve total yer değiştirme miktarı Tablo 4.12’de mm cinsinden verilmektedir.



Tablo 4.12 : Kemik destekli grupta Tip 2 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları.

Ölçüm Yapılan Nokta	X Eksenindeki	Y Eksenindeki	Z Eksenindeki	Total Yer
	Hareket Miktarı	Hareket Miktarı	Hareket Miktarı	Değiştirme
Lateral Pterigoid Çıkıntı	-1.2	0.35	0.35	1.3
Medial Pterigoid Çıkıntı	-1.0	0.14	-0.19	1.1
Posterior Nazal Spina	-1.1	0.0055	-0.75	1.3
Posterior Palatinal Bölge	-1.6	0.0	-1.4	2.2
Anterior Palatinal Bölge	-1.9	0.0	-1.1	2.2
Kesici İnsizal Kenarı	-2.9	-0.019	-0.84	3
1. Premolar Palatinal Tüberkül	-2.4	0.06	-0.4	2.4

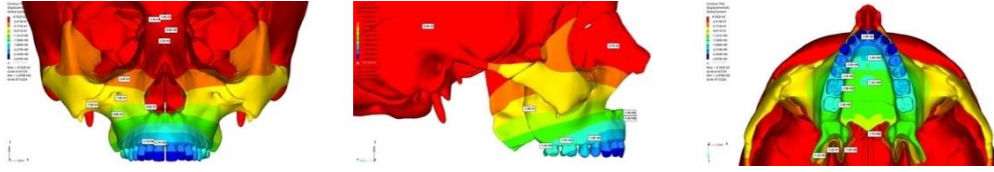
<b>2. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-2.2	0.15	-0.3	2.3
---	------	------	------	-----



<b>1. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-2.0	0.15	-0.29	2
<b>2. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-1.8	0.22	-0.20	1.9
<b>Sfenoid Kemığın Büyük Kanadı</b>	-0.72	0.21	0.078	0.76
<b>Sutura Frontomaksillaris</b>	-0.0014	0.016	-0.22	0.22
<b>Sutura Frontanazalis</b>	-0.001	0.015	-0.23	0.23
<b>Sutura İnternazalis</b>	0.0025	0.10	-0.35	0.37
<b>Sutura Nazomaksillaris</b>	0.0	0.059	-0.3	0.31
<b>Sutura Zigomatikomaksillaris</b>	-0.7	0.26	0.46	0.87
<b>Lateral Nazal Duvar</b>	-0.9	0.15	0.24	0.97
<b>Kanin Bölgesi</b>	-2.1	0.039	-0.28	2.1
<b>Kesici Bölgesi</b>	-2.1	0.0042	-0.67	2.2
<b>Maksillanın Zigomatik Processi</b>	-0.98	0.23	0.24	1
<b>Foramen İnfraorbitale</b>	-0.7	0.21	0.19	0.76
<b>İnfraorbital Marjin</b>	-0.39	0.19	0.12	0.45
<b>Temporal Kemik</b>	0.0083	0.047	0.08	0.093
<b>Pterigomaksiller Fissur</b>	-0.72	0.21	0.13	0.76
<b>Tüber Bölgesi</b>	-1.5	0.27	0.0016	1.5
<b>Molar Bölgesi</b>	-1.5	0.28	0.08	1.6
<b>Premolar Bölgesi</b>	-1.8	0.19	-0.081	1.8
<b>A noktası</b>	-1.4	0.0013	-1.1	1.8
<b>Anterior Nazal Spina</b>	-1.3	0.004	-1.0	1.6
<b>Frontal Process</b>	-0.037	0.12	-0.27	0.3

### **Kemik destekli grupta Tip 2 genişletme yöntemi ile X Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri**

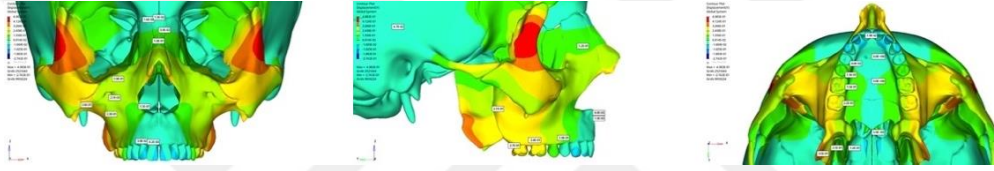
Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 2 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda X ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.69'da verilmektedir.



Şekil 4.69 : Kemik destekli grupta tip 2 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Kemik destekli grupta Tip 2 genişletme yöntemi ile Y Ekseninde Meydana Gelen Yer Değiştirme Değerleri**

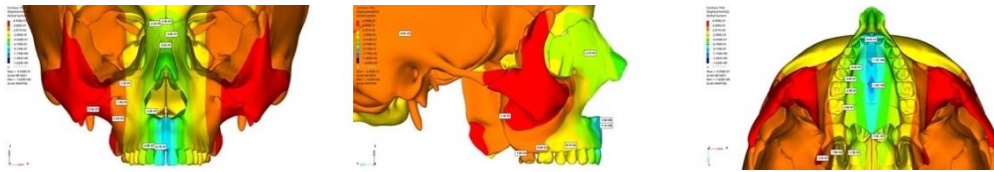
Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 2 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Y ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.70’de verilmektedir.



Şekil 4.70 : Kemik destekli grupta tip 2 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Kemik destekli grupta Tip 2 genişletme yöntemi ile Z Ekseninde Meydana Gelen Yer Değiştirme Değerleri**

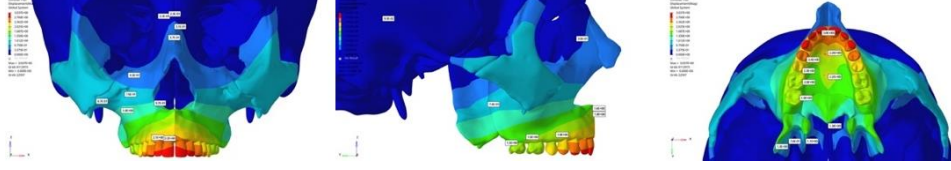
Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 2 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Z ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.71’de verilmektedir.



Şekil 4.71 : Kemik destekli grupta tip 2 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Kemik destekli grupta Tip 2 genişletme yöntemi ile Meydana Gelen Total Yer Değiştirme Değerleri**

Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 2 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda total yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.72’de verilmektedir.



Şekil 4.72 : Kemik destekli grupta tip 2 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları.

#### 4.2.3.3. Tip 3 genişletme yöntemi

Kemik destekli grupta Tip 3 genişletme yönteminin Şekil 4.73, Şekil 4.74, Şekil 4.75 ve Şekil 4.76’da belirtilmiş olan noktalardaki x,y,z eksen ve total yer değiştirme miktarı Tablo 4.13’de mm cinsinden verilmektedir.

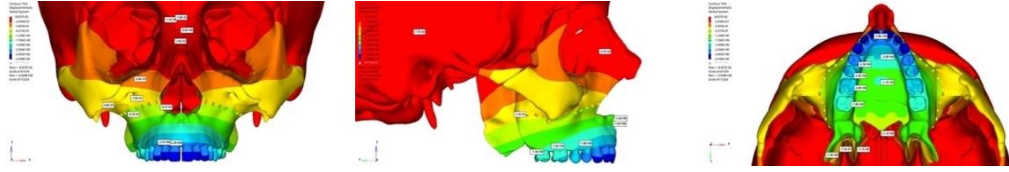
Tablo 4.13 : Kemik destekli grupta Tip 3 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları.

Ölçüm Yapılan Nokta	X Eksenindeki	Y Eksenindeki	Z Eksenindeki	Total Yer
	Hareket Miktarı	Hareket Miktarı	Hareket Miktarı	Değiştirme
Lateral Pterigoid Çıkıntı	-1.3	0.36	0.36	1.4
Medial Pterigoid Çıkıntı	-1.1	0.14	-0.19	1.1
Posterior Nazal Spina	-1.1	0.0086	-0.77	1.4
Posterior Palatinal Bölge	-1.7	0.0	-1.4	2.2
Anterior Palatinal Bölge	-2.0	0.0	-1.1	2.3
Kesici İnsizal Kenarı	-2.9	-0.022	-0.86	3.1
1. Premolar Palatinal Tüberkül	-2.5	0.062	-0.41	2.5
2. Premolar Palatinal Tüberkül	-2.3	0.15	-0.30	2.3

<b>1. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-2.0	0.15	-0.29	2
<b>2. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-1.9	0.22	-0.19	1.9
<b>Sfenoid kemiğin büyük kanadı</b>	-0.73	0.21	0.083	0.77
<b>Sutura frontomaksillaris</b>	-0.0015	0.018	-0.22	0.22
<b>Sutura frontanazalis</b>	-0.0010	0.017	-0.23	0.23
<b>Sutura internazalis</b>	0.0025	0.10	-0.35	0.36
<b>Sutura nazomaksillaris</b>	0.0	0.061	-0.30	0.31
<b>Sutura zigomatikomaksillaris</b>	-0.69	0.26	0.46	0.87
<b>Lateral nazal duvar</b>	-0.91	0.16	-0.34	0.98
<b>Kanın bölgesi</b>	-2.1	0.037	-0.28	2.1
<b>Kesici bölgesi</b>	-2.2	0.0018	-0.67	2.3
<b>Maksillanın zigomatik processi</b>	-0.97	0.23	0.25	1
<b>Foramen infraorbitale</b>	-0.70	0.21	0.19	0.76
<b>Infraorbital marjin</b>	-0.39	0.19	0.13	0.45
<b>Temporal kemik</b>	0.0077	0.048	0.080	0.93
<b>Pterigomaksiller fissur</b>	-0.72	0.22	0.14	0.77
<b>Tüber bölgesi</b>	-1.5	0.27	0.013	1.5
<b>Molar bölgesi</b>	-1.6	0.29	0.082	1.6
<b>Premolar bölgesi</b>	-1.8	0.19	-0.078	1.8
<b>A noktası</b>	-1.4	0.0069	-1.0	1.8
<b>Anterior nazal spina</b>	-1.3	0.0038	-1.1	1.7
<b>Frontal process</b>	-0.037	0.12	-0.27	0.3

### **Kemik destekli grupta Tip 3 genişletme yöntemi ile X Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri:**

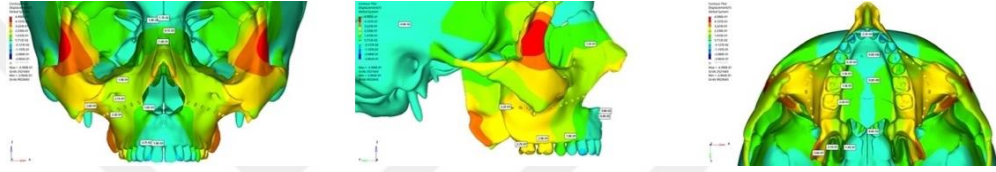
Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 3 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda X Ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.73'de verilmektedir.



Şekil 4.73 : Kemik destekli grupta tip 3 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Kemik destekli grupta Tip 3 genişletme yöntemi ile Y Ekseninde Meydana Gelen Yer Değiştirme Değerleri**

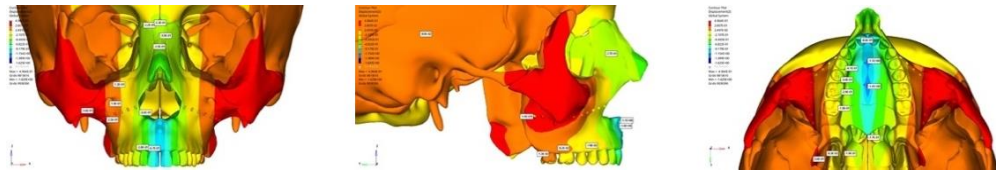
Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 3 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Y ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.74’de verilmektedir.



Şekil 4.74 : Kemik destekli grupta tip 3 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Kemik destekli grupta Tip 3 genişletme yöntemi ile Z Ekseninde Meydana Gelen Yer Değiştirme Değerleri**

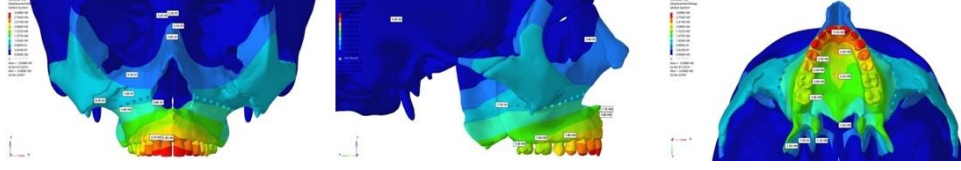
Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 3 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Z ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.75’de verilmektedir.



Şekil 4.75 : Kemik destekli grupta tip 3 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Kemik destekli grupta Tip 3 genişletme yöntemi ile Meydana Gelen Total Yer Değiştirme Değerleri**

Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 3 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda total yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.76’da verilmektedir.



Şekil 4.76 : Kemik destekli grupta tip 3 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları.

#### 4.2.3.4. Tip 4 genişletme yöntemi

Kemik destekli grupta Tip 4 genişletme yönteminin Şekil 4.77, Şekil 4.78, Şekil 4.79 ve Şekil 4.80’de belirtilmiş olan noktalardaki x,y,z ekseni ve total yer değiştirme miktarı Tablo 4.14’de mm cinsinden verilmektedir.

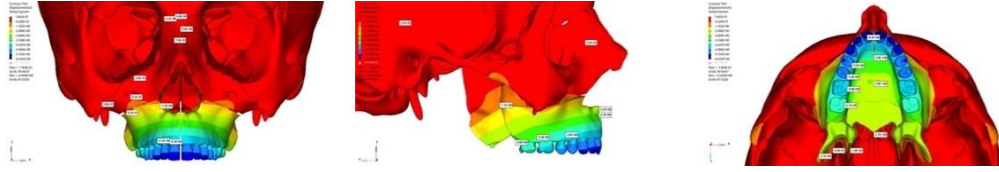
Tablo 4.14 : Kemik destekli grupta Tip 4 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları.

Ölçüm Yapılan Nokta	X Eksenindeki Hareket Miktarı	Y Eksenindeki Hareket Miktarı	Z Eksenindeki Hareket Miktarı	Total Yer Değiştirme
Lateral Pterigoid Çıkıntı	-2.1	0.92	0.77	2.5
Medial Pterigoid Çıkıntı	-1.8	0.30	-0.38	1.8
Posterior Nazal Spina	-2.1	0.053	-1.8	2.7
Posterior Palatinal Bölge	-2.8	0.0	-3.1	4.1
Anterior Palatinal Bölge	-3.9	0.0	-2.9	4.9

<b>Kesici İnsizal Kenarı</b>	-6.5	0.071	-2.3	6.9
<b>1. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-5.5	0.35	-1.0	5.6
<b>2. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-5.3	0.47	-0.61	5.3
<b>1. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-4.8	0.37	-0.56	4.8
<b>2. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-4.1	0.37	-0.31	4.2
<b>Sfenoid Kemğin Büyük Kanadı</b>	-0.99	0.58	0.18	1.2
<b>Sutura Frontomaksillaris</b>	-0.00085	0.0033	-0.36	0.36
<b>Sutura Frontanazalis</b>	-0.00068	0.00075	-0.38	0.38
<b>Sutura İnternazalis</b>	0.0018	0.10	-0.49	0.5
<b>Sutura Nazomaksillaris</b>	0.0	0.050	-0.44	0.44
<b>Sutura Zigomatikomaksillaris</b>	-0.5	0.30	0.15	0.6
<b>Lateral Nazal Duvar</b>	-1.3	0.24	-1.2	1.8
<b>Kanin Bölgesi</b>	-4.3	0.31	-0.88	4.4
<b>Kesici Bölgesi</b>	-4.5	0.13	-1.9	4.9
<b>Maksillanın Zigomatik Processi</b>	-0.62	0.37	0.016	0.72
<b>Foramen İnfraorbitale</b>	-0.53	0.27	-0.0092	0.6
<b>İnfraorbital Marjin</b>	-0.30	0.22	-0.0061	0.38
<b>Temporal Kemik</b>	-0.032	0.0038	0.015	0.035
<b>Pterigomaksiller Fissur</b>	-1.1	0.59	0.32	1.3
<b>Tüber Bölgesi</b>	-3.0	0.55	0.14	3.1
<b>Molar Bölgesi</b>	-3.3	0.7	0.64	3.4
<b>Premolar Bölgesi</b>	-3.8	0.56	0.064	3.9
<b>A noktası</b>	-2.7	0.0069	-2.8	3.9
<b>Anterior Nazal Spina</b>	-2.2	0.0	-2.9	3.6
<b>Frontal Process</b>	-0.024	0.13	-0.41	0.43

### **Kemik destekli grupta Tip 4 genişletme yöntemi ile X Ekseninde Meydana Gelen Yer Değişirme Değerleri**

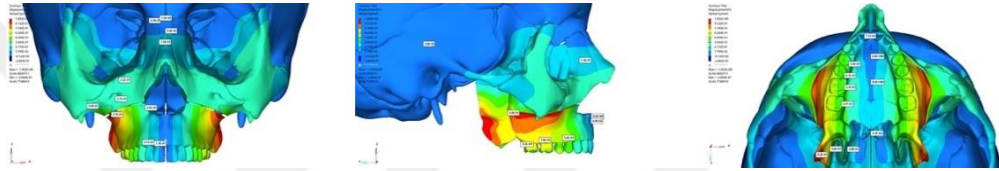
Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 4 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda X ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.77'de verilmektedir.



Şekil 4.77 : Kemik destekli grupta tip 4 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Kemik destekli grupta Tip 4 genişletme yöntemi ile Y Ekseninde Meydana Gelen Yer Değiştirme Değerleri**

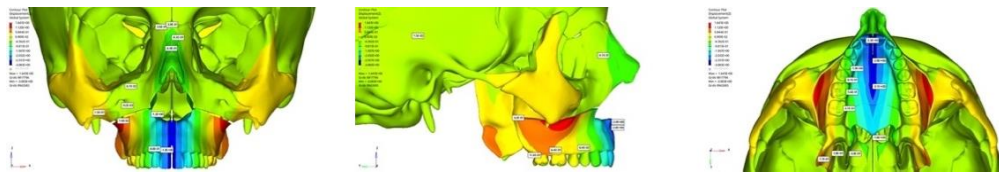
Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 4 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Y ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.78’de verilmektedir.



Şekil 4.78 : Kemik destekli grupta tip 4 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Kemik destekli grupta Tip 4 genişletme yöntemi ile Z Ekseninde Meydana Gelen Yer Değiştirme Değerleri**

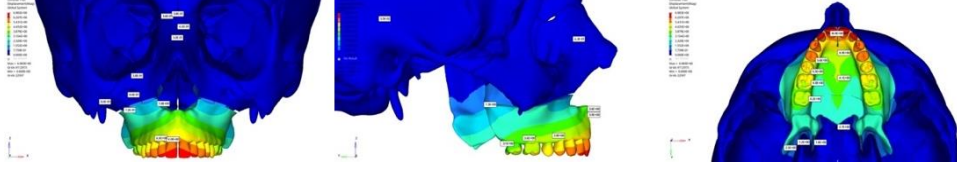
Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 4 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Z ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.79’da verilmektedir.



Şekil 4.79 : Kemik destekli grupta tip 4 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Kemik destekli grupta Tip 4 genişletme yöntemi ile Meydana Gelen Total Yer Değiştirme Değerleri**

Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 4 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda total yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.80’de verilmektedir.



Şekil 4.80 : Kemik destekli grupta tip 4 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları.

#### 4.2.3.5. tip 5 genişletme yöntemi

Kemik destekli grupta Tip 5 genişletme yönteminin Şekil 4.81, Şekil 4.82, Şekil 4.83 ve Şekil 4.84’de belirtilmiş olan noktalardaki x,y,z ekseni ve total yer değiştirme miktarı Tablo 4.15’de mm cinsinden verilmektedir.

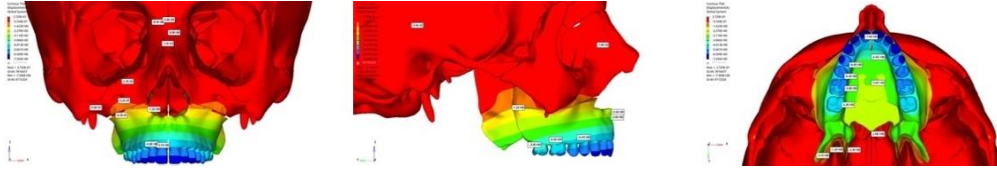
Tablo 4. 15 : Kemik destekli grupta Tip 5 genişletme sonucunda elde edilen yer değiştirme miktarları.

Ölçüm Yapılan Nokta	X Eksenindeki Hareket Miktarı	Y Eksenindeki Hareket Miktarı	Z Eksenindeki Hareket Miktarı	Total Yer Değiştirme
Lateral Pterigoid Çıkıntı	-3.1	0.73	1.3	3.4
Medial Pterigoid Çıkıntı	-2.3	0.24	-0.43	2.4
Posterior Nazal Spina	-2.6	0.045	-2.3	3.4
Posterior Palatinal Bölge	-3.2	0.0	-3.4	4.7
Anterior Palatinal Bölge	-4.4	0.0	-3.3	5.5

<b>Kesici İnsizal Kenarı</b>	-7.4	0.069	-2.6	7.8
<b>1. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-6.4	0.34	-1.0	6.5
<b>2. Premolar Palatinal Tüberkül</b>	-6.3	0.45	-0.53	6.3
<b>1. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-5.9	0.35	-0.48	5.9
<b>2. Molar Palatinal Tüberkül</b>	-5.3	0.32	-0.16	5.3
<b>Sfenoid Kemığın Büyük Kanadı</b>	-1.2	0.58	0.35	1.4
<b>Sütura Frontomaksillaris</b>	-0.00085	0.048	-0.24	0.24
<b>Sütura Frontanazalis</b>	-0.00058	0.049	-0.24	0.25
<b>Sütura İnternazalis</b>	0.0015	0.12	-0.32	0.34
<b>Sütura Nazomaksillaris</b>	0.0	0.082	-0.29	0.3
<b>Sütura Zigomatikomaksillaris</b>	-0.48	0.2	0.24	0.58
<b>Lateral Nazal Duvar</b>	-1.2	0.18	-1.2	1.7
<b>Kanin Bölgesi</b>	-4.8	0.27	-0.88	4.9
<b>Kesici Bölgesi</b>	-5.1	0.12	-2.1	5.5
<b>Maksillanın Zigomatik Processi</b>	-0.63	0.19	0.12	0.67
<b>Foramen İnfraorbitale</b>	-0.52	0.17	0.12	0.56
<b>İnfraorbital Marjin</b>	-0.27	0.18	0.079	0.34
<b>Temporal Kemik</b>	-0.026	0.045	0.032	0.061
<b>Pterigomaksiller Fissur</b>	-1.2	0.69	0.69	1.6
<b>Tüber Bölgesi</b>	-3.9	0.46	0.48	4
<b>Molar Bölgesi</b>	-4.0	0.62	1.1	4.2
<b>Premolar Bölgesi</b>	-4.4	0.50	0.30	4.2
<b>A noktası</b>	-2.9	0.0058	-3.2	4.4
<b>Anterior Nazal Spina</b>	-2.3	0.0087	-3.2	4.3
<b>Frontal Process</b>	-0.018	0.14	-0.27	-0.3

### **Kemik destekli grupta Tip 5 genişletme yöntemi ile X Ekseninde Meydana Gelen Yer Değiştirme Değerleri**

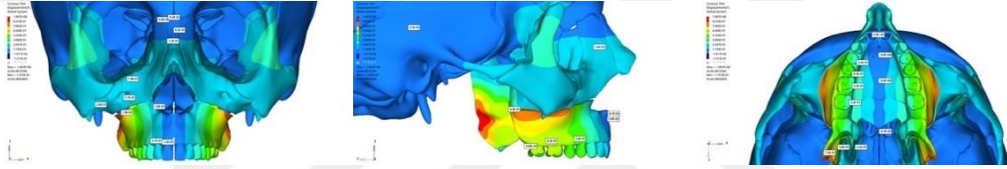
Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 5 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda X ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.81’de verilmektedir.



Şekil 4.81 : Kemik destekli grupta tip 5 genişletme yönteminde x ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Kemik destekli grupta Tip 5 genişletme yöntemi ile Y Ekseninde Meydana Gelen Yer Değiştirme Değerleri**

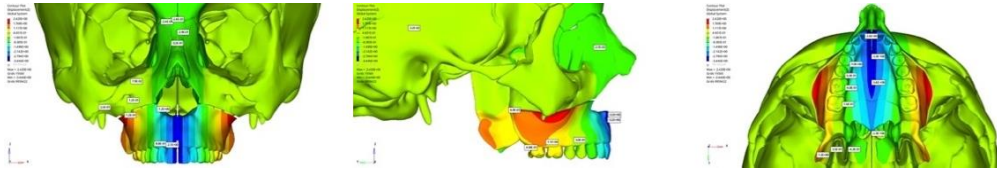
Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 5 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Y ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.82’de verilmektedir.



Şekil 4.82 : Kemik destekli grupta tip 5 genişletme yönteminde y ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Kemik destekli grupta Tip 5 genişletme yöntemi ile Z Ekseninde Meydana Gelen Yer Değiştirme Değerleri**

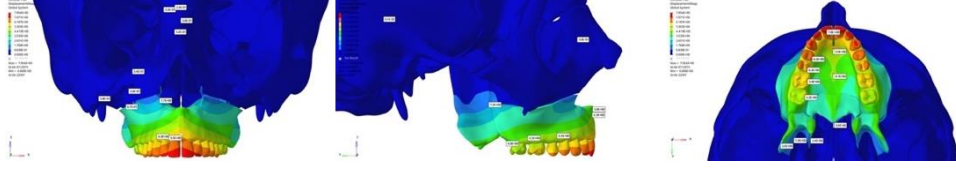
Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 5 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda Z ekseninde yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.83’de verilmektedir.



Şekil 4.83 : Kemik destekli grupta tip 5 genişletme yönteminde z ekseninde meydana gelen yer değiştirme miktarları.

### **Kemik destekli grupta Tip 5 genişletme yöntemi ile Meydana Gelen Total Yer Değiştirme Değerleri**

Çalışmamızda kemik destekli grupta tip 5 genişletme yönteminin dişler ve çevre kraniofasial yapılarda total yer değiştirme miktarlarını ölçmek için belirlenen noktalarda oluşan yer değiştirme miktarları Şekil 4.84’de verilmektedir.



Şekil 4.84 : Kemik destekli grupta tip 5 genişletme yönteminde total yer değiştirme miktarları.

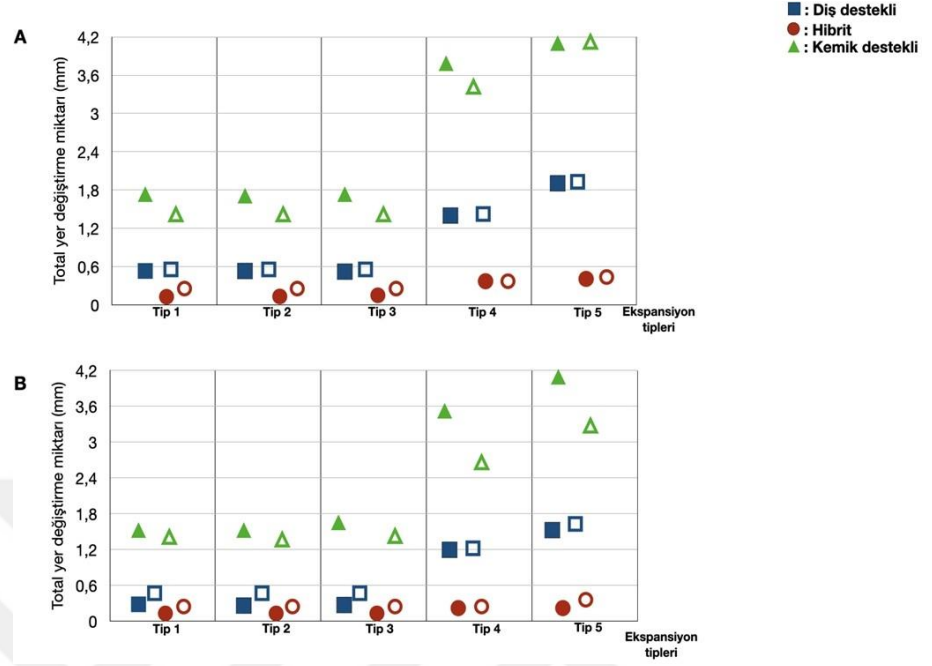
#### 4.2.4. Nasomaksiller komplekste yer değiştirmeye ilişkin sonuçlar

Kraniyofasiyal yapıların X eksenini (transversal), Y eksenini (anteroposterior), Z eksenini (superoinferior) ve toplam yer değiştirme değerleri sayısal olarak analiz edildi.

##### 4.2.4.1. İskeletsel değerlere ait bulgular

Maksiller premolar ve molar bölge, ANS ve PNS noktaları için en yüksekten en düşüğe doğru toplam yer değiştirme miktarı kemik destekli, diş destekli ve hibrit gruplar olarak sıralanabilir. Grup içi karşılaştırmalar, tip 1, 2 ve 3 genişletme yöntemlerinde benzer yer değiştirme miktarı olduğunu ve tip 4 ve 5 genişletme yöntemlerinin ise tüm gruplarda toplam yer değiştirme miktarını artırdığını gösterdi (Şekil 4.85). Bununla birlikte, pterigomaksiler bileşkeninin ayrımı olan veya olmayan SARME prosedürünü kullanan diş destekli ve hibrit gruplarda premolar ve molar bölgeleri için toplam yer değiştirme miktarlarında yüksek bir benzerlik varken, kemik destekli grupta

pterygomaksiler bileşkenin ayrıldığı genişletme yönteminde (Tip 5) molar bölgesinde premolar bölgesine göre daha fazla yer değiştirme gözlemlendi (Şekil 4.85).

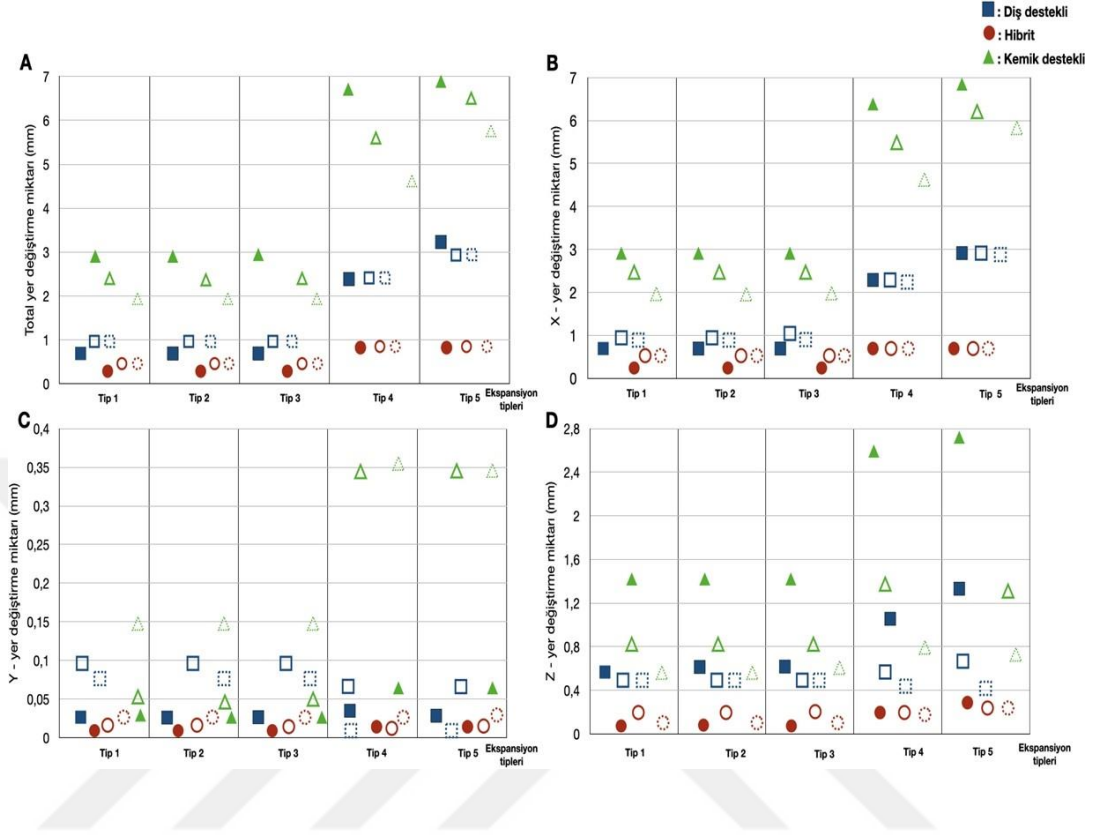


Şekil 4.85 : A Premolar ve molar bölgeye ait toplam yer değiştirme miktarı. İçi dolu şekiller premolar bölgeyi ve içi boş şekiller molar alanı, B ise ANS ve PNS noktalarının toplam yer değiştirme miktarı. İçi dolu şekiller ANS noktasını temsil eder ve içi boş şekiller PNS noktalarını temsil etmektedir. Her grup farklı bir geometric şekil ile temsil edilir. Kare şekil diş destekli grubu, yuvarlak şekil hibrit grubu ve üçgen şekil kemik destekli grubu temsil etmektedir.

#### 4.2.4.2. Total, transversal ve süperoinferior yöndeki yer değiştirmeler

Kesici, premolar ve molar dişleri için en yüksekten en düşüğe doğru transversal, süperoinferior ve total yer değiştirme miktarları sırasıyla kemik destekli, diş destekli ve hibrit gruplardaydı. Kemik destekli grupta en yüksek hareket miktarı kesici dişlerde, en düşük hareket miktarı ise molar dişlerinde gözlenirken dişlerin yer değiştirmeleri diğer gruplar arasında benzer olarak bulunmuştur. Ayrıca SARME uygulaması hibrit grupta yer değiştirme miktarını etkilemezken hem kemik destekli hem de diş destekli gruplarda diş hareketini arttırmıştır. Ayrıca, terigomaksiler

bileşkenin ayrılması, dişlerin sadece kemik destekli grupta transversal yönde hareket miktarını arttırmıştır (Şekil 4.86).



**Şekil 4.86** : Kesici kenar, birinci premoların palatinal tüberkülü ve birinci moların palatinal tüberkülü için yer değiştirme miktarı. A Toplam yer değiştirme miktarı, B Bukkolingual yöndeki yer değiştirmeler, C Anteroposterior yöndeki yer değiştirmeler, D Superoinferior yöndeki yer değiştirmeler. Her grup farklı bir geometric şekil ile temsil edilir. Kare şekil diş destekli grubu, yuvarlak şekil hibrit grubu ve üçgen şekil kemik destekli grubu temsil etmektedir. İçi dolu şekiller kesici kenarı, içi boş şekiller 1. premolar dişin palatinal tüberkülünü ve kesikli şekiller 1. molar dişin palatinal tüberkülünü temsil etmektedir.

#### 4.2.4.3. Antero-posterior yöndeki yer değiştirmeler

Antero-posterior yönde yer değiştirme değerleri tüm gruplar için çok küçük değerler göstermiştir. Ancak, sadece kemik destekli grupta posterior yer değiştirmede bir artış gözlemlendi. Pterigomaksiler bileşkenin ayrılması hiçbir grupta anteroposterior yönde hareket miktarı açısından etkili bulunmadı.

## 5. TARTIŞMA

### 5.1 Amaç

Maksiller transversal yetmezlik sıklıkla karşılaşılan bir ortodontik problemdir. Bu duruma bağlı olarak gelişen posterior çapraz kapanışta dişler ve bazal yapıların ortodontik/ortopedik düzeltilmesi için çeşitli genişletme yöntemleri tanımlanmıştır [82]. Bu yöntemler yavaş maksiller ekspansiyon (SME), hızlı maksiller ekspansiyon (RME), minivida destekli hızlı maksiller ekspansiyon (MARPE), midpalatal suture kortikopuncture destekli hızlı maksiller ekspansiyon, cerrahi destekli hızlı maksiller ekspansiyon (SARME) olarak sıralanabilir. RME 1860 yılında Angell tarafından tanıtıldığından beri sıklıkla kullanılmaktadır [117]. RME, hem dentoalveoler bölgede hem de midpalatal suture ve komşu kraniofasiyal yapılarda değişikliklere neden olmaktadır [286]. Bunun nedeni maksillanın diğer kafatası kemikleri ile sirkummaksiller suturelar aracılığıyla birleşmesidir [163].

Midpalatal suture juvenil dönemde oblitere olmaya başlar ve yaş ilerledikçe bu suture birbirine doğru iç içe geçmeye başlar ve sirkummaksiller suturelarda ossifikasyon meydana gelir [218, 287]. Bu durum yaşın ilerlemesi ile birlikte geleneksel üst çene genişletme yöntemi ile elde edilen başarı oranını azaltmaktadır. Buna bağlı olarak erişkinlerde yaşın ilerlemesi ile birlikte RME sonucunda görülen yan etkiler olduğu bildirilmiştir. Bunlar genişleme başarısızlığı, alveoler kemikte dehissens, bukkal kron devrilmesi, kök rezorpsiyonu, bukkal kemik kalınlığında azalma, marjinal kemik kaybı, ağrı, ödem, diş eti çekilmesi olarak sıralanabilir [78, 82, 226]. Yetişkin hastalarda bu yan etkileri en aza indirmek için bazal kemiğin ortopedik olarak genişletilmesi gerekmektedir [126]. RME'nin yan etkilerini azaltabilmek amacıyla

erişkinlerde kemik yapısı ve zigomatik butreslerden kaynaklanan direncin üstesinden gelmeye yardımcı olan SARME yöntemi uygulanmaya başlanmıştır [7, 181]. SARME yöntemi uygulanırken hangi yaş aralığında uygulanması gerektiği,

pterygomaksiller bileşkenin ayrılıp-ayrılmaması, cerrahi teknik ve alınan cerrahi riskler literatürde en tartışmalı konulardan biridir [210, 288, 289]. Cerrahi prosedürün risklerini azaltmak için palatinalden minivida destekli hızlı üst çene genişletme (MARPE) yöntemi Lee ve ark. tarafından tanıtılmıştır [218]. MARPE, genç erişkinlerde maksiller transversal yetmezlik tedavisine cerrahi olmayan bir alternatif olarak sunulmakta olup tekniğin zigomatik buttress, pterigoid bileşke ve midpalatal suture gibi orta yüz direnç bölgelerinin üstesinden gelmesinde hala sınırlamaları bulunmaktadır [290]. Literatürde yeni tanımlanan kortiko-puncture veya mikro-osteoperforasyon, maksiller genişleme sırasında kemik direncinin üstesinden gelmek için uygulanmaktadır [3, 224, 225]. Sonuç olarak literatürde yaş ve kemik/suture maturasyon seviyesi gibi farklı klinik özelliklere sahip hastalarda aparey tipi, genişletme yöntemi ve hastanın karakteristik özellikleri gibi çalışma tasarımlarını etkileyen faktörlerin çeşitliliği nedeniyle özellikle genç erişkin hastalarda hangi yöntemin optimal ekspansiyon sağlayacağı konusunda halen net bir fikir birliği bulunmamaktadır. Bu çalışmada, hızlı üst çene genişletmesinde kullanılan üç farklı maksiller genişletme apareyinin beş farklı genişletme yöntemi ile aynı kraniyofasiyal sistem üzerine olan etkilerini sonlu elemanlar analizi ile incelemeyi amaçlamıştır.

## **5.2 Materyal Metod**

Farklı genişletme yöntemlerinin karşılaştırılmasındaki klinik zorluklar ve etik sorunlar nedeniyle, bu çalışmada kraniyofasiyal sistemde mekanik simülasyonunu sağlayan ve aynı zamanda zaman kazandıran FEM yöntemi kullanılmıştır. Sonlu elemanlar yöntemi (FEM), 1943 yılında Richard Courant tarafından geliştirilen ve bugün diş hekimliğinde kullanılan yararlı bir matematiksel araçtır [243]. Bu yöntemin en büyük avantajı, hayvanlar veya insanlarda klinik ölçümün mümkün olmadığı durumlarda hastaların anatomik yapılarındaki değişikliklerin önceden tahmin edilebilmesine, farklı tedavi yaklaşımlarını taklit edilebilmesi ve tedavi sonuçlarının incelenmesine

olanak sağlamaktadır. FEM ile elde edilen sonuçlar klinik protokollerin iyileştirilmesi açısından klinisyenlere öngörü oluşturmaktadır.

Literatürde sonlu elemanlar analizi ile farklı hızlı üst çene genişletme apareylerinin dişler ve çevre kraniyofasiyal yapılarda etkilerini araştıran birçok çalışma bulunmaktadır [7, 126, 286, 290, 291]. Fakat bu çalışmalardan hiçbiri diş destekli, hibrit ve kemik destekli genişletme aparey tasarımlarında farklı genişletme yöntemlerinin dişler ve çevre kraniyofasiyal yapılar üzerindeki etkilerini değerlendirmemiştir. Ayrıca ortodonti literatüründe kortiko-puncture destekli hızlı maksiller ekspansiyonun çevre yapılara etkisi ve biriken stres değerleri hakkında bilgi ve veri eksikliğini bulunmaktadır, ancak birçok klinisyen bu uygulamayı klinik pratiğinde kullanmaya devam etmektedir [3, 224, 225].

### **5.2.1. Modellerin oluşturulması**

FEM tabanlı araştırmanın kalitesini artırmak için, model oluşturma aşamasına özellikle dikkat edilmelidir [292]. Günümüzde tarayıcılara ve bilgisayarlı tomografiye dayalı tıbbi görüntülemeadaki gelişmeler nedeniyle, test edilen bir örneklemin bilgisayar ortamında üç boyutlu eşdeğerini elde etmek mümkündür. Elde edilen görüntüleri işleyebilen modern yazılım araçları ve bunların daha sonra FEM analizini çalıştırmak için kullanılan programlarla uyumluluğu sayesinde, kısa sürede doğru sayısal modeller oluşturmak mümkün hale geldi. Literatüre daha yakından bakıldığında, son birkaç yılda sonlu eleman modellerinin daha ince ağlarını oluşturma eğilimi görülmektedir [293, 294].

Bu çalışmada bilgisayarlı tomografi verisinden 0.1 mm kesit kalınlığı ile rekonstrükte edilen sonlu elemanlar modelinde yaklaşık 9700000 eleman ve 2300000 düğüm noktası kullanılmıştır. Bu çalışmadaki düğüm ve eleman sayıları literatürde yapılmış olan benzer çalışmalara göre daha yüksek sayıdadır [7, 126, 174, 221, 295]. Eleman boyutu küçüldükçe ve sayısı arttıkça daha hassas ve ayrıntılı kuvvet dağılımı sonuçları elde edilir. Ancak eleman sayısının artması bilinmeyenlerin sayısının artmasına eden olurken, analiz sonuçlarının daha hassas ve gerçekçi olmasını arttırmaktadır [245]. Bu çalışmada, literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında FEM analizinden elde edilen bilgilerin klinik uygulamaya aktarılmasında FEM sonuçlarının daha doğru

yorumlanmasına olanak sağlayan daha fazla sayıda düğüm ve eleman kullanılmıştır [7, 126] (Tablo 5.1.).

**Tablo 5.1 :** FEM literatüründe üst çene genişletmesinde kullanılan modellerin eleman sayısı, düğüm sayısı ve kesit kalınlığının oluşturulmasındaki farklılıklar

Referans alınan makaleler	Toplam eleman sayısı	Toplam düğüm sayısı	Kesit kalınlığı
İşeri (1998) [7]	2,270	2,120	10 mm
Jafari (2003) [126]	6,951	7,357	5 mm
Gautam (2006) [174]	108,799	193,633	2,5 mm
MacGinnis (2014) [221]	344,451	91,933	0,3 mm
Jain (2017) [290]	537692 543078	115694 (rme model) 117948 (implant model)	2,5 mm
Möhlhenrich (2017) [293]	1,168,682 (standard deviasyonu 25 186 )	204,969 (standard deviasyonu 3449 )	0,5 mm
Lee (2017) [294]	4,500,000	1,200,000	-
Ulusoy (2018) [296]	863,441	183,528	0,2 mm
Shi (2020) [295]	799,551	190,295	0,25 mm

Günümüzde, bilgisayar teknolojisinin ilerlemesi sayesinde, yüzdeki sert ve yumuşak dokuların, osteosentez malzemelerinin, implant bileşenlerinin ve farklı biyolojik ve sentetik kemik yerine geçen biyomalzemelerin karmaşıklığına bakılmaksızın mekanik özelliklerini test etmek için materyal özelliklerinin sisteme girilmesi sayesinde FEM çalışmaları ile test edilebilmektedir [297]. FEM ile her elemana, klinik durum veya model koşulları tarafından belirlenen materyal özellikleri atanabilir ve klinik koşulları simüle etmesi için kuvvet uygulanması sonucunda anatomik yapıların biyomekanik değişikliklere karşı verdikleri geri bildirim simüle edilebilir. Modelleme yapılırken malzeme özelliklerinin bilinmesi analizlerin doğruluğu açısından oldukça önemlidir.

Kalsifiye olan biyolojik dokular izotropik ve homojen olmadıklarından dolayı modellenmesi oldukça zor olmaktadır. Ayrıca bu yapıların materyal özellikleri mineral içeriği, hastanın yaşı ve cinsiyeti gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir [298]. FEM çalışmalarındaki en büyük sınırlamalarından birimodelleme esnasında biyolojik yapılara ait yapıların elastik özelliklerinin tam olarak bilinmemesinden dolayı izotropik, homojen ve lineer elastik materyal özelliğine

sahipmiş gibi tanımlanmasıdır [244, 298, 299]. Yapıların bu şekilde kabul edilmesi FEM metodunun doğası gereği aynı çalışmanın klinik uygulamalarda farklı şekilde sonuçlanabileceğini göstermektedir [251, 299]. Literatürde yapılan diğer çalışmalara benzer şekilde bu çalışmada modellenen yapılarının fiziksel özellikleri homojen, lineer elastik ve izotropik olarak kabul edilmiştir [7, 300, 301]. Modelleme yapılırken kullanılan materyal özelliklerine ait değerler Tablo 3.1’de verilmiştir. Çalışmamızda olduğu gibi klinik ortamda aynı hasta üzerinde üç farklı genişletme aпаратыnde beş farklı genişletme yönteminin etkisini değerlendirmek mümkün değildir. FEM çalışmaları ile biyolojik dokuların cevabının kesin simülasyonu yapılamasa da, çalışmamızın sonuçları klinikte rehber olması ve ön bilgi vermesi açısından literatüre katkıda bulunacaktır.

Literatürde yapılan FEM çalışmalarında kafatasına uygulanan sınır koşulları foramen magnum boyunca uzanan düğümler, tüm serbestlik dereceleri, sıfır rotasyon ve sıfır yer değiştirme ile tamamen sınırlı olacak şekilde tanımlanmıştır [7, 174, 221, 294]. Bu çalışmada sınır koşulları şekil 3.5’de görüldüğü gibi modeller kırmızı renkli gösterilen alanda foramen magnum etrafında bulunan düğüm noktalarından her üç eksendeki hareketi engellenecek şekilde tüm serbestlik dereceleri kısıtlanarak sabitlenmiştir. Mavi renk ile gösterilen bölgede X eksenini normalinde, Y-Z düzlemine göre simetrik olacak şekilde sınır koşulu uygulanmıştır. Turuncu renk ile gösterilen bölgede ise sadece Y eksenindeki hareketi engellemek amacıyla sınır koşulu uygulanmıştır [285] (Şekil 3.5).

## **5.2.2. Genişletme aпараты tasarımlarının oluşturulması**

### **McNamara tipi akrilik cap splintli aпараты tasarımının oluşturulması**

McNamara tipi akrilik cap splintli hızlı maksiller genişletme aпаратыnin hyrax tasarımına göre dişlerde daha az devrilme ve daha fazla iskeletsel genişletme sağladığı bildirilmiştir [168, 201]. Bu çalışmaya dahil edilen hasta genç erişkin bir hasta olduğundan daha fazla diş desteği alınarak dişlerde oluşacak etki minimize edilip iskeletsel etkinin artırılması hedeflenmiştir [78].

### **Hibrit aпараты tasarımının oluşturulması**

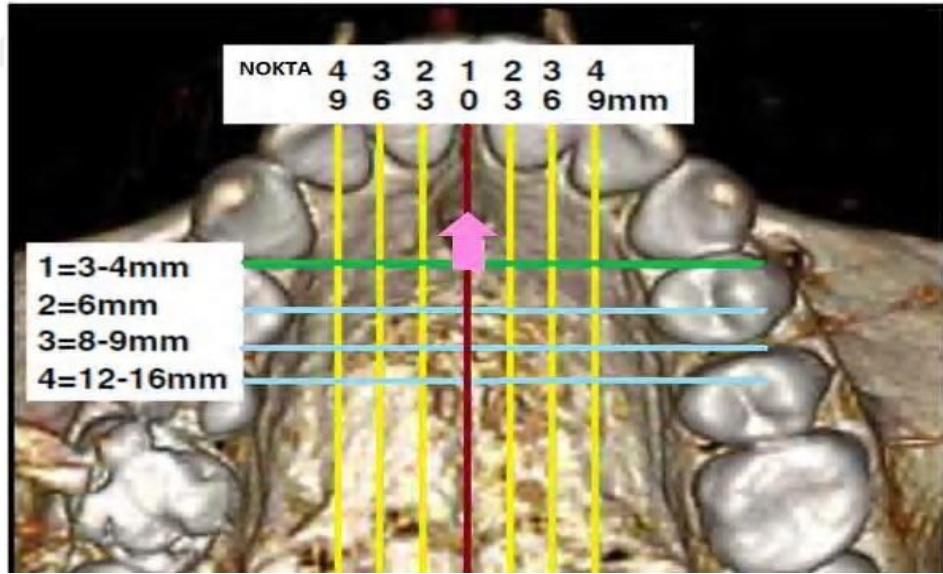
Anterior palatinal bölgeye uygulanan minividalar ile distalizasyon, bukkal dişlerin protraksiyonu, hızlı maksiller genişletme, boşluk kapanması ve intrüzyon mekaniği dahil olmak üzere çeşitli tedavi mekaniklerinde ankraj alınması için ideal bölge olarak tanımlanmıştır [302]. Ludwig ve ark. [302] 2011 yılında üç boyutlu görüntüleme teknikleri ile yapmış oldukları çalışmada palatinal bölgede oluşturdukları bir koordinat sistemi üzerinde vertikal yönde en yoğun kemik miktarına sahip bölgeyi belirlemişlerdir. Çalışmada midpalatal sütür yüksek kemik miktarı ve kalitesi göz önüne alındığında en iyi yerleştirme yeri gibi görünse de bu sonuç literatür tarafından desteklenmemektedir. Midpalatal sütürde vertikal kemik miktarı fazla olmasına rağmen kalınlık bakımından yüksek standart sapmalar bulunmaktadır (177). Midpalatal sütürdeki ortalama kemik kalınlığı Berhant ve ark. tarafından 2,94 mm [303], Gracco ve ark. 9,04 mm  $\pm$ 2,44 mm [304], Kang ve ark. 5,6 mm  $\pm$ 1,6 mm [305] şekilde rapor edilmiştir. Bütün araştırmacılar bireysel varyasyonlar göz önüne alınarak vidanın daha anteriora ve sütura yakın yerleştirilmesini önermişlerdir [303-305]. Oluşturdukları koordinat sisteminde Şekil 5.1'de görülen 2 referans çizgisi belirlemişlerdir: Bunlar; insiziv foramene uzaklık ve midpalatal sütura uzaklıktır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre en yoğun kemik palatal sütünun 3 mm laterali ve insiziv foremenin 3-4 mm distalindedir [302]. Sonraki yıllarda Hourfar ve ark. 2014 yılında yapmış oldukları çalışmada anterior palatinal bölgede üçüncü ruga seviyesinde palatinal kemik kalınlığının arttığını ve ortodontik minividaların bu bölgeye uygulanmasının stabil ve klinik olarak anlamlı sonuçlar verdiğini rapor etmiştir [226]. Çalışmamızda bu çalışma referans alınarak hibrit aygıt tasarımındaki minividaların konumu belirlenmiştir.

### **Kemik destekli aparey tasarımının oluşturulması**

Klinisyenler palatinal bölgede minivida için optimal yerleştirme yerini belirlerken mevcut kemik hacmi, yumuşak doku kalınlığı, kan damarları, kökler ve sinirler gibi yapılara yakınlığı değerlendirmelidir. Palatinal bölgenin lateral ve posterior bölgelerinde kemik hacmi azaldığından dolayı [226, 305], mini vidaları posterior damakta sadece medyan bölgeye yerleştirmek mümkündür. Kesici dişlerin yakınında, palatinal bölge ruga'nın kalın yumuşak doku ile kaplı olması, kesici dişlerin kökleri ve insiziv kanallar gibi yapıların yakınlığı başarısızlıkta dikkate alınmalıdır [306]. Bu

nedenle, bir minividaanın doğrudan palatinal ruga içine yerleştirilmesi zor olmaktadır. Burada “T-Zonu” olarak anılan palatal rugae'nin hemen arkasındaki alan, mevcut kemik hacmi nedeniyle palatal minividaaların yerleştirilmesi için daha uygun bir bölgedir. İki komşu minivida sagittal yönde (ortanca yerleştirme) veya transversal yönde (paramedian yerleştirme) yerleştirilebilir [212]. Ortanca bir yerleştirme modeli belirtilirse, implantlar T-Zonu içinde bir ön-arka çizgi boyunca yerleştirilir. Paramedian yerleştirme için, minividaalar transversal bir konfigürasyonda yerleştirilir; bu durumda laterallerdeki kalın yumuşak doku varlığı minividaalar arasındaki mesafeyi 5-10 mm ile sınırlar [307]. Molar bölgede daha posteriora, kemiğin mevcudiyeti sütünun paramedianı ile sınırlıdır ve mini implantlar birinci molar ve ikinci premolar arasındaki alveolar süreçte palatinal olarak yerleştirilebilir. Bu alanda mini vidalar kök hasarı olmadan güvenli olarak yerleştirilebilmektedir [226, 302, 307] (Şekil 5.1.).

Bu bilgiler doğrultusunda çalışmamızda kemik destekli aparey tasarımında T Zone bölgesi referans alınarak 2 minivida kanin ve birinci premolarlar arasındaki paramedian bölgeye, diğer 2 minivida ikinci premolar ve birinci molarlar arasındaki paramedian bölgeye yerleştirildi.



Şekil 5.1 : Palatinal koordinat düzlemi. Yatay çizgilerdeki değerler insiziv foremeden uzaklığı, kırmızı çizgi median palatal sütünun, dikey çizgilerdeki değerler median palatal süturdan uzaklığı, yeşil çizgi vida yapılabilir en ön sınırı, pembe ok ise yeşil çizginin insiziv foramenine olan uzaklığını göstermektedir [302].

### 5.3 Von Mises Stres ve Yer Değiştirme Dağılımına Ait Bulguların Tartışılması

Hızlı maksiler ekspansiyon protokolünde iletilen transversal kuvvetler başlangıçta periodontal ligamentte kompresyon, alveoler kemikte bending ve ankraj alınan dişlerde devrilme yaratır [181]. Diş destekli aygıtların ankraj alınan dişlerde bukkale tipping veya kök açığa çıkması gibi çeşitli dezavantajları olmasının yanında periodontal problemler ve maksillanın palatinal segmentlerinin dışa doğru rotasyonu da mevcuttur. Bu çalışmada SARME kesileri, diş destekli grupta ankraj alınan dişler üzerindeki stres değerlerini azaltmıştır. Nienkemper ve ark. [210] ön damakta iki palatinal minivida ve birinci molar dişlere bağlanan bir hibrit hyrax apareyi kullanarak RME'nin yan etkilerinin minimize edebileceğini bildirmiştir. Ayrıca hibrit apareylerde özellikle premolar bölgesinde daha az devrilme, kemik kaybı ve diş rezorpsiyonuna neden olduğu rapor edilmiştir [288]. Hibrit gruptaki stres değerleri diş destekli gruba göre daha düşük bulunmasına rağmen, bütün genişletme yöntemlerinde (Tip1,2,3,4,5) hibrit grupta ankraj alınan birinci molar dişlerde yüksek düzeyde stres birikimi gözlemlendi (Şekil 4.17). Winsauer ve ark. [308] 23-33 yaş aralığındaki 33 yetişkin hasta üzerinde kemik destekli genişletme yaptıkları çalışmada, hastaların %90'ında cerrahi destekli hızlı üst çene genişletme (SARME) olmadan ve dental yan etki olmaksızın başarılı üst çene genişletmesi elde ettikleri bildirmiştir. Çalışmamız bu çalışmaya benzer şekilde periodontal problemi olan veya ince periodontal biyotipi olan hastalarda, genişletme yöntemi ne olursa olsun, diş kaynaklı veya hibrit aygıt tasarımları yerine 4 palatinal mini vidadan destek alan kemik destekli aygıt tasarımlarının seçilmesinin daha uygun olduğunu düşündürmektedir.

Tausche ve ark. [289], MARPE prosedürünün posterior dentoalveolar segmentin bukkal devrilmesini 10° kadar azalttığını bildirmiştir. De Oliveria ve ark. [309], midpalatal sutur maturasyon derecesi E aşamasında olan 4 yetişkin hastada kortiko-puncture destekli hibrit bir aygıtın ankraj alınan dişlerin inklinasyonlarını azalttığını belirtmiştir. Birinci molar dişlerde 5.4°-6.3°, 2.premolar dişlerde 4°-4.3° aralığında angulasyon değişikliği olduğunu bildirmişlerdir. Bud ve ark. [224] kortiko-puncture destekli hibrit aygıtlarla midpalatal sutureda orta düzeyde molar inklinasyonu (2.005°) gözlemlenmişlerdir. Bu durum hibrit aygıt tasarımının molar seviyesinde ankraj

alınması nedeniyle diş hareketinden kaçınılamayacağını düşündürmüştür. Bu çalışmada, 4 palatinal mini vidadan destek alan kemik destekli grupta, hibrit ve diş destekli gruplara göre daha fazla genişleme ve premolar-molar dişlerinde daha az devrilme gözlenmiştir (Şekil 4.86). Ancak kortiko-puncture uygulamaları (tip 2 ve 3 genişletme) premolar-molar dişlerinde devrilmeyi azaltmak açısından hiçbir grupta etkili olmamıştır. Bu farklılıkların nedeni, bu konudaki klinik ve *in-vitro* çalışmaların sınırlı olması ve aparey tasarımı-genişletme yöntemi ile ilgili çalışmalar arasındaki tasarım farklılıkları olabilir.

Bu çalışma sonucunda elde edilen midpalatal ve sirkummaksiller süturlardaki stres birikimi ve yer değiştirme değerleri en yüksekten en düşüğe doğru sırasıyla kemik destekli, diş destekli ve hibrit grup olarak sıralanmıştır [290, 291]. Hibrit grupta kemikten destek alınmasına rağmen, çalışmamızın bulguları diş destekli grupta daha fazla dişten destek sağlanarak daha iyi kuvvet aktarımı ve daha fazla yer değiştirmenin sağlandığını göstermiştir. Ek olarak, SARME kesileri tüm gruplarda toplam yer değiştirme miktarını artırmıştır. Lucchese ve ark. LeFort 1 kesilerinin maksillanın sagittal yöndeki hareketini olumlu yönde etkilediğini bildirmiştir [310]. Bu çalışmada tip 4 ve tip 5 ekspansiyon yöntemleri ile LeFort 1 osteotomi uygulamasının genişletme üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Seeberger ve ark. [311], pterigomaksiler bileşkenin ayrıldığı ve ayrılmadığı SARME yöntemleri arasında önemli bir fark olmadığını bildirmiştir. Bulgularımız diş destekli ve hibrit gruplar için Seeberger ve ark. yapmış olduğu çalışma ile benzer bulunmuştur.

Lione ve ark. [132] tüm hastalarda diş destekli genişletme aparey tasarımı ile 7 mm genişletme elde edilen hastalarda midpalatal sütur seperasyonunun ANS ve PNS noktalarında sırasıyla 3.01 ve 1.15 mm olduğunu bildirmişlerdir. Möhlhenrich ve ark. [293] yaptıkları kadavra çalışmalarında, PMJ ayrımı olmayan SARME'nin maksillada V şeklinde transversal yönde genişlemeye yol açtığını ve PMJ ayrımı olan SARME'nin maksillanın anterior ve posterior bölgelerinde paralel transversal yönde genişlemeye yol açtığını belirtmişlerdir. Bud ve ark. [224] MARPE ile tedavi edilen hastalarda, PNS noktasının ANS noktasının % 85'i kadar açıldığını ve neredeyse tamamen paralel bir ayrılma olduğunu rapor etmiştir. Bu çalışmada kemik destekli grupta Tip 5 genişletme yönteminde Tip 4 genişletme yöntemine göre anterior maksilla ve posterior

maksilla arasında daha paralel bir yer değiştirme olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, diş destekli ve hibrit gruplarda anlamlı bir fark gözlenmemiştir (şekil 4.85). Çalışmamızda kemik destekli aparey tasarımı ve Lefort-1 uygulamaları ile bu noktalardaki ayrılma miktarının daha fazla olduğu bulunmuştur.

Buna ek olarak diř destekli ve hibrit gruplar, kortikotomi ve SARME kesilerine rağmen kemik destekli gruba kıyasla çok daha dūřuk stres değerleri gōsterdi. Bu bulgu, genişletme kuvvetinin önce maksiller dişlere iletilmesi, daha sonra diř destekli apareylerle dolaylı olarak kemik yapılara iletilmesi ile açıklanabilir. Palatinal doku ve ankraj alınan dişler, diř destekli ve hibrit apareylerin uyguladığı transversal kuvvetleri absorbe etmiş ve evre yapılara daha az kuvvet ileterek daha az stres birikmesine neden olmuş olabilir.

Maksiller geniřlemeye baęlı olarak yūz iskeletinde direncin arttıęı bōlgeler sadece midpalatal sūtur deęil aynı zamanda zigomatikomaksiller sūtur ve sirkummaksiller sūturlardır [312]. Bu çalıřmanın bulguları, midpalatal sūtur ve sirkummaksiller sūturdaki stresin benzer kořullar altında aparey tipinden etkilendięini gōstermiřtir. Bu çalıřmadaki tūm geniřletme modalitelerinde, sirkummaksiller sūturlardaki stres birikiminin derecesi ile karřılařtırıldıęında, midpalatal sūturdeki stres birikiminin derecesi daha yūksek bulunmuřtur. Bu bulgu, midpalatal sūtunun, geniřletme apareyelerinin aktivasyonu ile üretilen transversal kuvvetlere en yakın sūtur olması gerçeęiyle açıklanabilir.

Kemik destekli grupta midpalatal sūtunun anterior kısmı ile posterior kısmı arasındaki stres birikimi açısından dięer gruplara gōre tūm geniřletme yōntemlerinde belirgin farklılıklar vardı. Midpalatal sūtur ossifikasyon sūreci sūtunun posterior kısmından anterior kısmına doęru ilerler [286]. Dolayısıyla kemik destekli gruptaki bu farklılık, transvers kuvvetlerin direkt olarak bazal kemięe iletilmesi, anterior midpalatal sūtur direncinin ařılması ve posterior midpalatal ve sirkummaksiller sūturlarda daha yūksek stres birikimine neden olması ile açıklanabilir (řekil 4.18 ve řekil 4.19 ).

Pterigomaksiller bileřkenin ayrıldıęı SARME (Tip 5) geniřletme yōntemi tūm gruplarda posterior midpalatal sūtur ve özellikle sirkummaksiller sūturlardan zigomatikomaksiller sūtur zrinde direnci anlamlı derecede azaltmıřtır. İlginç bir

şekilde midpalatal suture kortiko-puncture yöntemi (Tip 2), diş destekli ve hibrit gruplarda posterior midpalatal suture iletilen kuvvet miktarını arttırmıştır. Güncel bir yöntem olarak kabul edilen kortiko-puncture destekli hızlı maksiller genişletme prosedürü, genç erişkinlerde SARME protokolünün yan etkilerinden kaçınmak için ortodontik hastalarda kullanılmıştır. Bud ve ark. [225] kortiko-puncture uygulamasının midpalatal suturedaki direncin üstesinden geldiğini ve geleneksel genişletme yönteminin aksine MARPE'de kemiğin yeniden şekillenmesini hızlandırdığını bildirmiştir. Bununla birlikte, literatürde kortiko-puncture destekli hızlı maksiller genişletmenin kranyum ve çevresindeki sirkummaksiller suturlar üzerine etkisi ile ilgili kanıta dayalı net veriler yoktur. Bu çalışma FEM kullanılarak farklı aygıt tasarımlarında kortiko-puncture destekli hızlı maksiller genişletmenin etkilerini araştıran ilk çalışmadır. Ek olarak, bu çalışmadaki STL modeli önceki çalışmalara göre daha fazla hassas sonuçlar alınmasını sağlayan 0,1 mm kesit kalınlığı ile oluşturulmuştur [290, 313].

Kortiko-puncture yöntemi uygulanan kemik destekli grup (tip 2 ve 3), diş destekli ve hibrit gruplardan farklı olarak zigomatikomaksiller suture üzerinde daha yüksek stres birikimi gösterdi. Kortiko-puncture uygulaması SARME işleminde olduğu gibi tam bir kesi hattı içermediğinden, midpalatal suturedaki direncin üstesinden gelerek zigomatikomaksiller suture daha fazla kuvvet iletmış olabilir. Kortiko-puncture uygulamalarının kemik destekli grupta sirkummaksiller suturlar içerisinden sadece zigomatikomaksiller suture için stres birikimi üzerinde etkili olduğu gözlemlendi. Bunun olası bir açıklaması, zigomatikomaksiller sutureun uygulanan genişletme kuvvetinin merkezine yakın olması ve konumunun maksillanın transversal hareketine paralel olmasıdır (Şekil 4.21).

Foramen infraorbitale sulkus infraorbitalis denilen bir oluk ile kemik içinde kanalis infraorbitalis olarak devam eder. Bu kanal foramen infraorbitale aracılığı ile maksillanın ön yüzüne açılır ve içinde infraorbital damar ve sinirler geçer. Çalışmamızda Şekil 4.23'te Tip 4 genişletme yönteminde foramen infraorbitale üzerinde en yüksek stres değerleri olduğu görülmüştür. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde pterigomaksiler bileşkenin ayrılmadığı SARME uygulamalarında başarılı genişletme elde edilmesine rağmen foramen infraorbitaleye olan etkiden

bahsedilmemiştir [216, 234]. Gelecek dönemdeki klinik çalışmalarda bu bölgeye olan etkilerin incelenmesi bu bölgeden geçen damar ve sinirlere olan etkisini daha iyi açıklamak açısından faydalı olabilir.

Gautam ve ark. [174], İşeri ve ark. [7] ve Jafari ve ark. [126] yapmış oldukları çalışmada üst çene genişletilmesi sonucunda medial ve lateral pterigoidlerin laterale doğru yer değiştirdiğini bildirmiştir. Literatürde hyrax, fan tipi ve çift menteşeli genişletme apareylerinin sonlu elemanlar analizi ile karşılaştırıldığı bir çalışmada nazal bölge, pterigomaksiller fissür, sfenoid kemiğin medial ve lateral pterigoid çıkıntılarında yüksek stres değerleri görülmüştür. Stres değerleri gruplar arasında karşılaştırıldığında bütün anatomik yapılarda en yüksek stres değeri hyrax genişletme apareyi grubunda görülmüştür [314]. Farklı genişletme apareylerinin kullanıldığı çalışmamızda en yüksek stres değeri kemik destekli grupta gözlenirken, gruplar kendi içinde değerlendirildiğinde ise Tip 4 ve Tip 5 genişletme yöntemlerinin bu bölgelerde daha fazla sıkışma ve gerilme oluşturması sonucunda biriken biriken Von Mises stres değerini arttırdığı bulunmuştur. Bu artan stresle birlikte Lefort 1 osteotomi uygulanmasının (Tip 4 ve Tip 5) tüm gruplarda yer değiştirme miktarının arttığı düşünülmektedir.

Lee ve ark. [315] 2009 yılında midpalatal süturda ossifikasyon olmayan maksiller modelde üst çene genişletmesinin etkilerini değerlendirdiği çalışmalarında en yüksek stres değerlerinin nazal spina, lateral nazal duvar, maksillanın zigomatik processu ve medial pterygoid plaklar boyunca olduğunu bildirmiştir. Diş destekli grupta lateral nazal duvardaki en yüksek stres değerinin Tip 3 genişletme yönteminde görülmesinin nedeni midpalatal süturun ossifiye olduğu genç erişkin hastada Lefort 1 hattında tam bir kesi oluşturmadan sadece kortikopuncture uygulanmasından dolayı bu bölgedeki direncin tam olarak kırılmaması ve biriken stres miktarının artması olarak düşünülmektedir. Literatürde hibrit aygıt tasarımı ile yapılan bir çalışmada farklı osteotomi hatları ile uygulanan SARME protokolü sonucunda oluşan stres değerlerinin azaldığı rapor edilmiştir [316]. Çalışmamızda Tip 4 ve tip 5 genişletme yöntemleri ile bu noktada en düşük stres değerleri görülmüştür.

## **Limitasyonlar**

FEM analizinden elde edilen bilgiler klinik uygulamaya aktarılırken metodolojik farklılıklar, hastanın karakteristik özellikleri, hasta yaşı, cinsiyeti, mini vidaların pozisyonu, uygulanan kuvvet, aparey tasarımı, midpalatal sütür maturasyon derecesi, cerrahi genişletme yöntemi, palatinal yapının formu gibi parametreler dikkatle değerlendirilmelidir. FEM çalışmaları, etnik farklılıklar, bölgesel hızlanma fenomeni (RAP), çevre kas sistemi, kemik yoğunluğu ve aynı yaşta sütür maturasyon derecesinin çeşitliliği, kemik metabolizması farklılıkları veya genetik bozukluklar gibi tüm klinik durumları yansıtamamaktadır. Bu faktörler, bu çalışmanın klinik sınırlamaları olarak kabul edilebilir. Bununla birlikte, birden fazla genişletme yönteminin aynı klinik özelliklere sahip hastalar üzerinde uygulanması ve standardize edilmesi oldukça zordur. Bu çalışma klinisyenlere öngörü sağlaması ve gelecek çalışmalara yardımcı olması açısından faydalı olacaktır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; üç farklı maksiller genişletme aygıtında beş farklı genişletme yönteminin uygulanması sonucunda elde edilen 15 farklı üst çene genişletilmesi karşılaştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Dişler üzerindeki en fazla stres diş destekli grupta meydana gelirken, kemik desteğinin artması ile orantılı olarak dişler üzerinde biriken stres miktarı azalmıştır.
2. Diş destekli apareyde ankraj alınan dişlerde hibrit tasarıma göre daha yüksek stres değerleri gözlenmesine rağmen midpalatal ve çevre süturlarda lokalize olan stres miktarı hibrit grupta daha düşük bulunmuştur.
3. Diş destekli grupta kortikopuncture veya SARME kesileri dişler üzerindeki stresi azaltmada etkili olmamıştır.
4. Midpalatal süturda kortiko-puncture uygulaması, diş destekli ve hibrit gruplarda posterior midpalatal bölgede biriken stres miktarını artırırken, buna karşılık, transversal yönde yer değiştirme miktarını ve vertikal kontrolü artırmada etkili bulunmamıştır.
5. Maksilla ve komşu dokulara maksimum kuvvet aktarımı ve buna bağlı olarak en yüksek yer değiştirme miktarı kemik destekli dört mini vidalı grupta olmuştur. Öte yandan, en düşük kuvvet aktarımı ve yer değiştirme miktarına sahip grup hibrit gruptur.
6. SARME kesileri tüm gruplarda transversal yönde yer değiştirme miktarını artırırken, bu fark kemik destekli grupta daha anlamlıdır.

7. Tüm gruplarda sirkümmaksiller süturlar arasında en yüksek stres zigomatikomaksiller süturda lokalize olmuş ve pterigomaksiler bileşkenin ayırma/ayırmama olan SARME ile yapılan osteotomiler süturlarda biriken stresi azaltmış ve transvers yönde hareket miktarını arttırmıştır.

Bu sonuçlar ışığında;

1. İki mini vida ve iki molar dişten destek alan hibrit aparey tasarımında ankraj alınan diş sayısının arttırılması, üst çene genişletme sırasındaki dişler üzerinde oluşabilecek yan etkileri azaltacağı düşünülmektedir.
2. Pterigomaksiler bileşkenin ayırma/ayırmama SARME ve kortikopuncture gibi cerrahi yöntemler kullanılacaksa, maksiller transvers yetmezlik vakalarının etkili tedavisinde kemik destekli apareylerin kullanılması önerilir.
3. Midpalatal sütur ve Lefort-1 osteotomi hattında uygulanan kortikopuncture uygulamasının etkilerinin farklı aparey tasarımları ile değerlendirildiği daha çok klinik çalışmaya ihtiyaç vardır.

# EKLER

## EK A : Etik Kurul Onayı

Evrak Tarih ve Sayısı: 14.09.2021-31777



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

Sayı : E-54022451-050.05.04-31777  
Konu : Etik Kurul Kararı - Elif Dilara ŞEKER

14.09.2021

Sayın Dr. Öğr. Üyesi Elif Dilara ŞEKER  
Ortodonti Anabilim Dalı Başkanlığı - Doktor Öğretim Üyesi

2021/335 numaralı "Hızlı Maksiler Ekspansiyon Protokolünde Farklı Cerrahi Tekniklerin Kraniofasial Yapılar Üzerine Etkilerinin Sonlu Elemanlar Analizi ile Karşılaştırılması" başlıklı başvurunuz Üniversitemiz Etik Kurullar Birimi'nin 07.09.2021 tarihli, 19 sayılı Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurul toplantısında değerlendirilmiş olup, mevcudun oybirliğiyle onaylanmasına karar verilmiştir.

Gereğini ve bilgilerinizi arz/rica ederim.

Prof.Dr. İsmail MERAL  
Başkan

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Doğrulama Kodu :HSF45LY6R3 Pin Kodu :86262 Belge Takip Adresi : <https://turkiye.gov.tr/ebd?eK=5394&eD=HSF45LY6R3&eS=31777>  
Bezmialem Vakıf Üniversitesi Adnan Menderes Bulvarı (Vatan Caddesi) Fatih / İstanbul Bilgi için: Zübeyde ÖZDEMİR  
Unvan: Memur

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.



## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-Soyad** : Nihal KAYA

**Doğum Tarihi ve Yeri** :

**E-posta** :

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2018, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi
- **Yükseklisans** : 2018, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2019-2023 Doktora öğrencisi, Bezmialem Vakıf Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi