



T.C.

GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**SINIF III MALOKLÜZYONLARIN TEDAVİSİNDE KULLANILAN YÜZ
MASKESİ, KEMİK DESTEKLİ MAKSİLLER PROTRAKSİYON VE HİBRİD
HYRAX+MENTOPLATE KOMBİNASYON YÖNTEMLERİNİN
BİYOMEKANİK ETKİLERİNİN SONLU ELEMANLAR ANALİZİYLE
İNCELENMESİ**

Serhat ÖZDEMİR

UZMANLIK TEZİ

ORTODONTİ ANABİLİM DALI

Yrd. Doç. Dr. Merve GÖYMEN

Tez Danışmanı

Gaziantep 2018



T.C.
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**SINIF III MALOKLÜZYONLARIN TEDAVİSİNDE KULLANILAN YÜZ
MASKESİ, KEMİK DESTEKLİ MAKSİLLER PROTRAKSİYON VE HİBRİD
HYRAX+MENTOPLATE KOMBİNASYON YÖNTEMLERİNİN
BİYOMEKANİK ETKİLERİNİN SONLU ELEMANLAR ANALİZİYLE
İNCELENMESİ**

Serhat ÖZDEMİR
UZMANLIK TEZİ

ORTODONTİ ANABİLİM DALI

Yrd. Doç. Dr. Merve GÖYMEN

Tez Danışmanı

Gaziantep 2018

T.C.
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI

**SINIF III MALOKLÜZYONLARIN TEDAVİSİNDE KULLANILAN YÜZ
MASKESİ, KEMİK DESTEKLİ MAKSİLLER PROTRAKSİYON VE HİBRİD
HYRAX+MENTOPLATE KOMBİNASYON YÖNTEMLERİNİN
BİYOMEKANİK ETKİLERİNİN SONLU ELEMANLAR ANALİZİYLE
İNCELENMESİ**

Serhat ÖZDEMİR

Tez Savunma Tarihi: 15.01.2018

Diş Hekimliği Fakültesi Onayı:

Prof. Dr. Kamile ERCİYAS
Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı

Bu tez çalışmasının bir “Uzmanlık” derecesi için uygun ve yeterli bir çalışma olduğunu onaylıyorum.

Yrd. Doç. Dr. Merve GÖYMEN
Ortodonti Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımca okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir “Uzmanlık” tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Merve GÖYMEN
Tez Danışmanı

Bu tez tarafımca okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir “Uzmanlık” tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Yrd. Doç. Dr. Fundagül BİLGİÇ

.....

Yrd. Doç. Dr. Merve GÖYMEN

.....

Yrd. Doç. Dr. Ayşegül GÜLEÇ

.....

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda 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.

15.01.2018

Serhat ÖZDEMİR

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince ve tezimin hazırlanmasında maddi manevi bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren değerli danışman hocam Sn. Yrd. Doç. Dr. Merve GÖYMEN'e;

Uzmanlığımın ikinci yarısında bölümümüze katılan bizlere çok büyük katkılar ve yardımlar sağlayan değerli hocam Sn. Yrd. Doç. Dr. Ayşegül Güleç'e;

Dört yıldan çok daha fazla şey paylaştığım değerli dostlarım Dt. Yasin Akbulut, Dt. Bayram Asarkaya ve Dt. Mehmet Nezir Karaca'ya;

Tezimde çok büyük yardımı dokunan Dt. Ali Furkan Karakoyunlu'ya;

Gaziantep'teki ilk günümünden son günüme kadar beni yalnız bırakmayan, sevinci ve hüznü birlikte yaşadığımız çok değerli asistan arkadaşlarıma;

Can yoldaşım, değerli arkadaşım, hayata bambaşka pencereden bakan Erman Özkan'a;

Her zaman yanımda olan olamasa da varlığını hissettiren manevi kardeşim Abdurahman Çiftaslan'a;

Hayatıma girdiği ilk günden beri adeta siyah beyaz bir filme renk getirmişcesine beni değiştiren, lisans, askerlik, çalışma hayatım ve asistanlık dönemimde kısacası her zaman yanımda olan kıymetli eşime;

Bugünlere gelmemde emeklerini asla ödeyemeyeceğim, her manada kendilerine minnettar olduğum annem, babam, abim ve kardeşime teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez, Gaziantep Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Komisyonu Başkanlığı tarafından DHF.UT.17.07 numaralı proje ile desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
TABLolar LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
RESİMLER LİSTESİ	xiii
SİMGE VE KISALTMALAR	xiv
ÖZET	1
ABSTRACT	2
1. GİRİŞ ve AMAÇ	3
2. GENEL BİLGİLER	6
2.1. Sınıf III Maloklüzyonların Tanımı ve Sınıflandırılması.....	6
2.2. Etiyoloji	7
2.3. Tedavi Zamanlaması.....	7
2.4. İskeletsel Sınıf III Hastalarda Tedavi Yöntemleri	9
2.4.1. Çenelik.....	10
2.4.2. Sınıf III Elastikler	10
2.4.3. Frankel III	10
2.4.4. Yüz Maskesi	10
2.4.4.1. Protraksiyon Kuvvetinin Yeri ve Yönü	12

2.4.4.2.	Yüz Maskesi Tedavisi ile Oluşan İskeletsel ve Dentoalveolar Değişiklikler ...	15
2.5.	Ortodontide İskeletsel Ankraj Sistemleri.....	17
2.6.	Mekanikte Bazı Temel Kavramlar.....	20
2.6.1.	Kuvvet	20
2.6.2.	Gerilme (Stress).....	20
2.6.2.1.	Basma Gerilmesi (Compressive stress)	21
2.6.2.2.	Çekme gerilmesi (Tensile stress).....	21
2.6.2.3.	Makaslama gerilmesi (Shear stress).....	21
2.6.3.	Asal Gerilme (Principal Stress)	22
2.6.4.	Von Mises Gerilmesi (Von Mises Stress).....	22
2.6.5.	Gerinim (Strain).....	22
2.6.6.	Gerilme-Gerinim Eğrisi (Stres-Strain Curve).....	23
2.6.7.	Elastiklik Sınırı	23
2.6.8.	Elastisite Modülü (Young modülü)	24
2.6.9.	Poisson Oranı (Poisson's Ratio)	24
2.6.10.	Elastiklik – Viskoelastiklik.....	24
2.6.11.	Eleman (Element)	25
2.6.12.	Düğüm (Node).....	25
2.6.13.	Rijit Eleman	25
2.6.14.	Sınır Koşulları (Boundary Conditions).....	25
2.6.15.	Gerilme Analiz Metodları.....	25

2.7.	Sonlu Elemanlar Yöntemi	26
2.8.	Lineer ve Nonlineer Analizler	28
2.9.	Ortodontide Sonlu Elemanlar Stres Analizi	29
3.	GEREÇ ve YÖNTEM	31
3.1.	Modelleme İçin Kullanılan Gereçler	31
3.2.	Modelleme	32
3.3.	HU Değeri Seçme ve Model Oluşturma	34
3.4.	Segmentasyon	34
3.5.	Hibrid Hyrax Genişleticinin modellenmesi	36
3.6.	Vidaların ve Plakların Modellenmesi	37
3.7.	Sınır Koşullarının Tanımlanması ve Kuvvetlerin Uygulanması	38
3.7.1.	Tedavi 1 Modeli: RME+FM Uygulanmış Kafa Yüz Modeli	38
3.7.2.	Tedavi 2 Modeli: Kemik Destekli Maksiller İlerletme (BAMP) Uygulanmış Kafa Yüz Modeli	40
3.7.3.	Tedavi 3 Modeli: Hibrid Hyrax Mentoplate Kombinasyonu Uygulanmış Kafa Yüz Modeli	40
4.	BULGULAR	42
4.1.	Tedavi 1 Modeline Ait Bulgular	42
4.1.1.	Kortikal Kemiğe Ait Bulgular:	42
4.1.2.	Spongioz Kemiğe Ait Bulgular:	48
4.1.3.	Maksiller Dişlerdeki Periodontal Ligamente Ait Bulgular:	53
4.1.4.	Mandibulaya Ait Bulgular	55

4.1.5.	Maksillaya Ait Deplasman Bulguları	58
4.1.6.	Mandibulaya Ait Deplasman Bulguları	60
4.2.	Tedavi 2 Modeline Ait Bulgular	62
4.2.1.	Kortikal Kemiğe Ait Bulgular:	62
4.2.2.	Spongioz Kemiğe Ait Bulgular:	67
4.2.3.	Maksiller Dişlerin Periodontal Ligamentlerine Ait Bulgular:	72
4.2.4.	Mandibulaya Ait Bulgular	73
4.2.5.	Maksillaya Ait Deplasman Bulguları	76
4.2.6.	Mandibulaya Ait Deplasman Bulguları	78
4.3.	Tedavi 3 Modeline Ait Bulgular	79
4.3.1.	Kortikal Kemiğe Ait Bulgular	79
4.3.2.	Spongioz Kemiğe Ait Bulgular	83
4.3.3.	Maksiller Dişlerin Periodontal Ligamentlerine Ait Bulgular	86
4.3.4.	Mandibulaya Ait Bulgular	88
4.3.5.	Maksillaya Ait Deplasman Bulguları	90
4.3.6.	Mandibulaya Ait Deplasman Bulguları	92
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ	94
5.1.	Amacın Tartışılması	94
5.2.	Materyal ve Metodun Tartışılması.....	95
5.3.	Bulguların Tartışılması	98
6.	KAYNAKLAR.....	106

7.	EKLER.....	123
7.1.	Ek 1: Etik Kurul İzin Belgesi.....	123
7.2.	Ek 2: Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu	125
8.	ÖZGEÇMİŞ.....	129



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1: Materyal Özellikleri	38
---------------------------------------	----



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Gerilme Tipleri	21
Şekil 2.2: Gerilme-Gerinim Eğrisi	23
Şekil 2.3: Elastik ve Viskoelastik Materyallerin Gerilme-Gerinim Eğrileri	24
Şekil 3.1: Kemik Dokunun MİMİCS Yazılımında Ayrıştırılma İşlemi	33
Şekil 3.2: HU Değerleri	34
Şekil 3.3: Model Oluşturma.....	35
Şekil 3.4: Segmentasyon.....	35
Şekil 3.5: TME Modellemesi.....	36
Şekil 3.6: Hyraxların Modellenmesi.....	37
Şekil 3.7: Vidaların ve Plakların Modellenmesi.....	37
Şekil 3.8: RME ve FM'in Modele Uyumlanması.....	39
Şekil 3.9: Tedavi 1 Modeli	39
Şekil 3.10: Tedavi 2 Modeli	40
Şekil 3.11: Tedavi 3 Modeli	41
Şekil 4.1: Tedavi 1 Kortikal von Mises Değerleri (Frontal).....	43
Şekil 4.2: Tedavi 1 Kortikal von Mises Değerleri (Palatinal)	43
Şekil 4.3: Tedavi 1 Kortikal von Mises Değerleri (Lateral).....	44
Şekil 4.4: Tedavi 1 Kortikal Pmax Değerleri (Frontal)	45
Şekil 4.5: Tedavi 1 Kortikal Pmax Değerleri (Palatinal).....	45
Şekil 4.6: Tedavi 1 Kortikal Pmax Değerleri (Lateral).....	46

Şekil 4.7: Tedavi 1 Kortikal Pmin Değerleri (Palatinal)	46
Şekil 4.8: Tedavi 1 Kortikal Pmin Değerleri (Frontal)	47
Şekil 4.9: Tedavi 1 Kortikal Pmin Değerleri (Lateral)	47
Şekil 4.10: Tedavi 1 Spongioz von Mises Değerleri (Palatinal).....	48
Şekil 4.11: Tedavi 1 Spongioz von Mises Değerleri (Frontal)	49
Şekil 4.12: Tedavi 1 Spongioz von Mises Değerleri (Lateral)	49
Şekil 4.13: Tedavi 1 Spongioz Pmax Değerleri (Palatinal)	50
Şekil 4.14: Tedavi 1 Spongioz Pmax Değerleri (Frontal)	50
Şekil 4.15: Tedavi 1 Spongioz Pmax Değerleri (Lateral).....	51
Şekil 4.16: Tedavi 1 Spongioz Pmin Değerleri (Palatinal).....	51
Şekil 4.17: Tedavi 1 Spongioz Pmin Değerleri (Frontal)	52
Şekil 4.18: Tedavi 1 Spongioz Pmin Değerleri (Lateral)	52
Şekil 4.19: Maksiller Periodontal Ligament von Mises Değerleri A) Palatinal B) Lateral	53
Şekil 4.20: Maksiller Periodontal Ligament Pmax Değerleri A) Palatinal B) Lateral...	54
Şekil 4.21: Maksiller Periodontal Ligament Pmin Değerleri A) Palatinal B) Lateral	54
Şekil 4.22: Mandibular Kortikal Kemik von Mises Değerleri A) Anterior B) Posterior	55
Şekil 4.23: Mandibular Kortikal Kemik Pmax Değerleri A) Anterior B) Posterior	56
Şekil 4.24: Mandibular Kortikal Kemik Pmin Değerleri.....	56
Şekil 4.25: Mandibular Spongioz Kemik von Mises Değerleri.....	57
Şekil 4.26: Mandibular Spongioz Kemik Pmax Değerleri	57

Şekil 4.27: Mandibular Spongioz Kemik Pmin Değerleri	58
Şekil 4.28: Tedavi 1 Modeline Ait X Ekseni Deplasman Değerleri.....	59
Şekil 4.29: Tedavi 1 Modeline Ait Y Ekseni Deplasman Değerleri.....	59
Şekil 4.30: Tedavi 1 Modeline Ait Z Ekseni Deplasman Değerleri	60
Şekil 4.31: Tedavi 1 Modeline Ait Y Ekseni Deplasman Değerleri.....	61
Şekil 4.32: Tedavi 1 Modeline Ait Z Ekseni Deplasman Değerleri	61
Şekil 4.33: Tedavi 2 Kortikal von Mises Değerleri (Frontal).....	62
Şekil 4.34: Tedavi 2 Kortikal von Mises Değerleri (Palatinal)	63
Şekil 4.35: Tedavi 2 Kortikal von Mises Değerleri (Lateral)	63
Şekil 4.36: Tedavi 2 Kortikal Pmax Değerleri (Frontal)	64
Şekil 4.37: Tedavi 2 Kortikal Pmax Değerleri (Palatinal).....	64
Şekil 4.38: Tedavi 2 Kortikal Pmax Değerleri (Lateral)	65
Şekil 4.39: Tedavi 2 Kortikal Pmin Değerleri (Palatinal).....	66
Şekil 4.40: Tedavi 2 Kortikal Pmin Değerleri (Frontal)	66
Şekil 4.41: Tedavi 2 Kortikal Pmin Değerleri (Lateral)	67
Şekil 4.42: Tedavi 2 Spongioz von Mises Değerleri (Palatinal).....	67
Şekil 4.43: Tedavi 2 Spongioz von Mises Değerleri (Frontal).....	68
Şekil 4.44: Tedavi 2 Spongioz von Mises Değerleri (Lateral)	68
Şekil 4.45: Tedavi 2 Spongioz Pmax Değerleri (Palatinal).....	69
Şekil 4.46: Tedavi 2 Spongioz Pmax Değerleri (Frontal)	69
Şekil 4.47: Tedavi 2 Spongioz Pmax Değerleri (Lateral).....	70

Şekil 4.48: Tedavi 2 Spongioz Pmin Değerleri (Palatinal).....	71
Şekil 4.49: Tedavi 2 Spongioz Pmin Değerleri A) Frontal B) Palatinal.....	71
Şekil 4.50: Maksiller Periodontal Ligament von Mises Değerleri A) Palatinal B) Lateral	72
Şekil 4.51: Maksiller Periodontal Ligament Pmax Değerleri A) Palatinal B) Lateral ...	73
Şekil 4.52: Maksiller Periodontal Ligament Pmin Değerleri A) Palatinal B) Lateral	73
Şekil 4.53: Mandibular Kortikal Kemik von Mises Değerleri A) Anterior B) Posterior	74
Şekil 4.54: Mandibular Kortikal Kemik Pmax Değerleri A) Anterior B) Posterior.....	74
Şekil 4.55: Mandibular Kortikal Kemik Pmin Değerleri A) Anterior B) Posterior	75
Şekil 4.56: Mandibula Spongioz von Mises (A) Pmax (B) Pmin (C) Değerleri	76
Şekil 4.57: Tedavi 2 Modeline Ait X Eksenli Deplasman Değerleri.....	76
Şekil 4.58: Tedavi 2 Modeline Ait Y Eksenli Deplasman Değerleri.....	77
Şekil 4.59: Tedavi 2 Modeline Ait Z Eksenli Deplasman Değerleri	78
Şekil 4.60: Tedavi 2 Modeline Ait Y Eksenli Deplasman Değerleri.....	78
Şekil 4.61: Tedavi 2 Modeline Ait Z Eksenli Deplasman Değerleri	79
Şekil 4.62: Tedavi 3 Kortikal von Mises Değerleri (Palatinal)	80
Şekil 4.63: Tedavi 3 Kortikal von Mises Değerleri A) Frontal B) Lateral	81
Şekil 4.64: Tedavi 3 Kortikal Pmax Değerleri (Palatinal).....	81
Şekil 4.65: Tedavi 3 Kortikal Pmax Değerleri A) Frontal B) Lateral	82
Şekil 4.66: Tedavi 3 Kortikal Pmin Değerleri (Palatinal).....	82
Şekil 4.67: Tedavi 3 Kortikal Pmin Değerleri A) Frontal B) Lateral	83

Şekil 4.68: Tedavi 3 Spongioz von Mises Değerleri (Palatinal).....	84
Şekil 4.69: Tedavi 3 Spongioz von Mises Değerleri A) Frontal B) Lateral	84
Şekil 4.70: Tedavi 3 Spongioz Pmax Değerleri (Palatinal).....	85
Şekil 4.71: Tedavi 3 Spongioz Pmax Değerleri A) Frontal B) Lateral.....	85
Şekil 4.72: Tedavi 3 Spongioz Pmin Değerleri (Palatinal).....	86
Şekil 4.73: Tedavi 3 Spongioz Pmin Değerleri A) Frontal B) Lateral	86
Şekil 4.74: Maksiller Periodontal Ligament von Mises Değerleri A) Palatinal B) Lateral	87
Şekil 4.75: Maksiller Periodontal Ligament Pmax Değerleri A) Palatinal B) Lateral ...	87
Şekil 4.76: Maksiller Periodontal Ligament Pmin Değerleri A) Palatinal B) Lateral	88
Şekil 4.77: Mandibular Kortikal Kemik von Mises Değerleri A) Anterior B) Posterior	88
Şekil 4.78: Mandibular Kortikal Kemik Pmax Değerleri A) Anterior B) Posterior.....	89
Şekil 4.79: Mandibular Kortikal Kemik Pmin Değerleri A) Anterior B) Posterior	89
Şekil 4.80: Mandibula Spongioz von Mises (A)–Pmax (B)-Pmin (C) Değerleri.....	90
Şekil 4.81: Tedavi 3 Modeline Ait X Ekseni Deplasman Değerleri.....	91
Şekil 4.82: Tedavi 3 Modeline Ait Y Ekseni Deplasman Değerleri.....	91
Şekil 4.83: Tedavi 3 Modeline Ait Z Ekseni Deplasman Değerleri	92
Şekil 4.84: Tedavi 3 Modeline Ait Y Ekseni Deplasman Değerleri.....	92
Şekil 4.85: Tedavi 3 Modeline Ait Z Ekseni Deplasman Değerleri	93

RESİMLER LİSTESİ

Resim 3.1: Steinbichler Comet optik tarayıcı ve üç boyutlu tarama cihazı 32



SİMGE VE KISALTMALAR

°	Derece
BT	Bilgisayarlı Tomografi
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım
E	Young Modülü
FEM	Sonlu Elemanlar Metodu
gf	Gram Kuvvet
kgf	Kilogram Kuvvet
mN	Milnewton
MPa	Megapaskal
MRI	Manyetik Rezonans Görüntüleme
N	Newton
Pa	Paskal
RME	Hızlı Üst Çene Genişletmesi
TME	Temporomandibular Eklem
ε	Gerinim
σ	Gerilme
ν	Poisson oranı

ÖZET

SINIF III MALOKLÜZYONLARIN TEDAVİSİNDE KULLANILAN YÜZ MASKESİ, KEMİK DESTEKLİ MAKSİLLER PROTRAKSİYON VE HİBRİD HYRAX+MENTOPLATE KOMBİNASYON YÖNTEMLERİNİN BİYOMEKANİK ETKİLERİNİN SONLU ELEMANLAR ANALİZİYLE İNCELENMESİ

Serhat ÖZDEMİR

Uzmanlık Tezi, Ortodonti Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Merve GÖYMEN

15.01.2018, 129 sayfa

Bu çalışmanın amacı, maksiller retrüzyona sahip hastaların tedavisinde kullanılan farklı iskeletsel ilerletme yöntemlerinin in vitro olarak incelenmesidir. Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim dalında daha önceden tedavi edilmiş 10 yaşında maksiller retrüzyona sahip hastanın bilgisayarlı tomografi görüntülerinden elde edilen kafatası modeli üzerine 3 ayrı tedavi senaryosu kurgulandı ve sonlu elemanlar analizi uygulandı. Birinci senaryoda; hızlı üst çene genişletmesi ve yüz maskesi, ikinci senaryoda; kemik destekli maksiller ilerletme yöntemi ve hızlı üst çene genişletmesi, üçüncü senaryoda ise; hibrid hyrax+mentoplate kombinasyon yöntemi kullanıldı. Hyrax vida her modelde 0,25 mm aktiflendi ve her bir taraf için yüz maskesinde 500 g, kemik destekli maksiller ilerletmede ve hibrid hyrax+mentoplate kombinasyon yönteminde 250 g kuvvet uygulandı. Çalışma sonucunda hızlı üst çene genişletmesi ve yüz maskesi modeli ile kemik destekli maksiller ilerletme yönteminde kafatasında benzer stres dağılımları görülürken bu stresler hibrid hyrax+mentoplate kombinasyon yöntemine göre daha fazlaydı. Sonuçta maksillada kemik destekli maksiller ilerletme modelinde orta yüzü kapsayacak kadar öne ilerleme bulunurken, hibrid hyrax+mentoplate kombinasyon yönteminde maksillada daha çok Le Fort I düzeyinde maksiller ilerleme bulundu. Hızlı üst çene genişletmesi ve yüz maskesi modelindeyse daha çok dentoalveoler ilerleme tespit edildi. Elde edilen gerilme dağılımları ve deplasman değerleri göz önünde bulundurulduğunda, kemik destekli maksiller ilerletme yönteminin hem dişsel yan etkileri ortadan kaldırması hem de maksiller ilerletmedeki etkinliği sebebiyle hızlı üst çene genişletmesi/yüz maskesi ve hibrid hyrax+mentoplate kombinasyon yöntemlerine göre daha fazla iskeletsel etkinlik sağladığı görüldü.

Anahtar sözcükler: Hibrid hyrax, iskeletsel maksiller ilerletme, maksiller retrüzyon, mentoplate, sonlu elemanlar analizi

ABSTRACT

EVALUATION OF THE BIOMECHANICAL EFFECTS OF THE FACEMASK, BONE ASSISTED MAXILLARY PROTRACTION AND HYBRID HYRAX + MENTOPLATE COMBINATIONS METHOD USED IN THE TREATMENT OF CLASS III MALOCCLUSIONS WITH THREE DIMENSIONAL FINITE ELEMENT STRESS ANALYSIS

Serhat ÖZDEMİR

Specialist Thesis, Department of Orthodontics

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Merve GÖYMEN

15.01.2018, 129 pages

The aim of this study was to examine the different skeletal advance methods used in the treatment of patients with maxillary retrusion as in-vitro. Three different treatment scenarios were designed on the skull model obtained from the computerized tomography images of a patient with a 10-year-old maxillary retroreflector who was previously treated at the Orthodontics Department of Gaziantep University Dentistry Faculty and finite element analysis done. In the first scenario, rapid maxiller expansion and face maske, in the second scenario bone-assisted maxillary protraction and rapid maxiller expansion, in the third scenario hybrid hyrax + mentoplate combination method was used. As a result of the study, it was found that similar stress distributions were observed in the rapid maxiller expansion/face maske and bone assisted maxillary protraction methods, and these stresses were higher than the hybrid hyrax + mentoplate combination method. As a result, maxillary advancement was found in the maxillary bone-supported maxillary protraction model so that the medial aspect was covered. In hybrid hyrax + mentoplate combination method maxillary protraction was observed at Le Fort I level. In rapid maxillary expansion and facemask model more dentoalveoler protraction was detected than the others. Considering the obtained strain distributions and displacement values, it was observed that the bone-assisted maxillary protraction method provided more skeletal efficacy than the rapid upper maxiller expansion / face mask and hybrid hyrax + mentoplate combination method, due to both the removal of the dental side effects and the advancement of the maxillary protraction.

Key words: Finite element analysis, hybrid hyrax, maxillary retrusion, mentoplate, skeletal maxillary protraction

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Ortodontik tedaviyle hedeflenen, bireyleri estetik ve fonksiyonel olarak sağlıklı bir orofasiyal yapıya ulaştırmaktır. İskeletsel Sınıf III anomalili bireyler, estetik problemler ve çiğneme bozukluğu sebebiyle ortodonti kliniğine başvuran hastalardır. İskeletsel Sınıf III anomalisi maksiller retrüzyon, mandibular protrüzyon veya ikisinin kombinasyonu şeklinde görülebilmektedir. Sınıf III maloklüzyonun prevalansı etnik kökenlere göre farklılık göstermektedir. Beyaz ırkta %1-5 oranında Sınıf III maloklüzyon görünürken, Çin ve Japon popülasyonunda ise bu oran %12-14 arasındadır (1, 2). Araştırmalar, iskeletsel Sınıf III anomalili bireyler içerisinde maksiller retrüzyon görülme sıklığının %19,5-37,5 aralığında olduğunu göstermektedir (3, 4).

İskeletsel Sınıf III maloklüzyonun tedavisinde, anomalinin olduğu iskeletsel komponente müdahale etmek gerekmektedir (5). İskeletsel Sınıf III maloklüzyonların büyük bir kısmında etkenin kısmen veya tümü ile maksiller yetersizlik olduğunun anlaşılmasından sonra maksillaya anterior yönde kuvvet uygulanmıştır. Bu amaçla kullanılan yüz maskesi (FM) ile maksiller retrüzyona bağlı iskeletsel Sınıf III anomalilerin tedavisinde başarılı sonuçlar elde edilmiştir. FM tedavisiyle maksillaya öne doğru kuvvet uygulayarak, sirkummaksiller süturların aktivasyonu ile maksillanın büyüme yönünde hareketi hedeflenmektedir (6, 7). İskeletsel Sınıf III maloklüzyonlu hastalarda, amaç çeneler arasındaki uyumsuzluğun, ortopedik olarak giderilmesidir. Geleneksel FM’de ağız içinde ankraj ünitesi olarak sıklıkla karışık dişlenme dönemindeki dişlerden destek alınması bir takım dezavantajları beraberinde getirmektedir. Diş destekli FM’de maksiller dişlerin mezializasyonu, maksiller molar dişlerin ekstrüzyonu, maksillada saat yönünün tersine, mandibulada saat yönünde rotasyon ve yüz yüksekliğinde artış gibi istenmeyen etkiler görülmektedir (8-14). Son dönemlerde araştırmacılar bu istenmeyen etkileri elimine etmek veya en aza indirmek için iskeletsel ankraja yönelmişlerdir (15-18). İskeletsel ankraj mekanikleri olarak; mini-implant, onplant, palatal implant ve miniplaklar kullanılmıştır (17, 19, 20).

Yüz maskesi ile diş ve kemik destekli tedavilerde başarılı sonuçlar alınmasına karşılık bu apanyin mutlak kooperasyon gerektirmesi de ayrı bir dezavantaj yaratmaktadır. Özellikle okul çağındaki çocukların bu apanyi kullanması göz önünde bulundurulduğunda, apanyin istenilen süreden daha az kullanılması apanyin verimini

düşürmektedir. Bu yüzden araştırmacılar dentoalveoler yan etki oluşturmayacak sistem üzerinde çalışmalar yürütürken aynı zamanda hasta kooperasyonunu artırma amacıyla intraoral sistem oluşturmayı da hedeflemektedir (17, 21).

De Clerck ve ark. (17) çalışmalarında zigomaya ve mandibular kanin lateral kesici dişler arasına sağlı sollu miniplaklar yerleştirmişler ve bu plaklardan intermaksiller elastik uygulayarak maksillada protraksiyon elde etmişlerdir. Bu yöntemle maksilla ve mandibulaya direkt kuvvet uygulayarak dental yan etkiler olmaksızın saf ortopedik hareket elde edildiğini savunmuşlardır. Bu yöntemin dezavantajları ise plaklar yerleştirilirken ve çıkartılırken cerrahi operasyona ihtiyaç duyulması ve alt daimi kanin dişleri sürmeden uygulamanın önerilmemesidir.

Benedict Wilmes bu tekniğe alternatif olarak maksillada anterior damak bölgesine iki minivida uygulamış, hızlı maksiller genişletme (RME) vidasını anteriorda bu mini vidalara ve posteriorda molar dişlere lehimlemiştir. Mandibuladaysa kesici dişlerin apikalindeki menton bölgesine tek plak yerleştirip iki adet sağlı sollu çıkarılan çentiklere üst molarlardan intermaksiller elastik vermiştir. Bu teknikle daha az cerrahi işlem uygulandığını, hem RME'nin hem de maksiller protraksiyonun dişsel yan etkilerinin ortadan kaldırıldığını ve alt daimi kaninler sürmeden erken dönemde tedavi uygulanarak etkin bir maksiller ilerletme elde edildiğini savunmuştur (21).

Ortodontide uygulanan kuvvetlerin etkileri fotoelastik gerilme analizi (photoelastic stress analysis), denek hayvan çalışmaları, gerinim ölçer (strain gauge) kullanımı, lazer ışını ile gerilme analizi (holografik interferometri), kırılğan vernikle kaplama (brittle laquer) ve sonlu elemanlar (finite element analysis/FEM) gibi yöntemlerle değerlendirilebilmektedir.

Mühendisler statik yüklemeleri hesaplamak için sonlu elemanlar analizini geliştirmişlerdir ve sonlu elemanlar analizi süreç içerisinde diş hekimliği ve ortodontide uygulanan kuvvetlerin biyomekanik etkilerini incelemek amacıyla da kullanılmaya başlanmıştır. Sonlu elemanlar analizinde amaç; homojenlik göstermeyen sonsuz sayıda materyal bileşenlerinden oluşan kompleks yapıları ve yapılara uygulanan kuvvet yüklemelerini sınırlı sayıda eleman denilen basitleştirilmiş küçük bileşenlere ayırarak çözümü zor olan problemlere yaklaşık çözümler üretmektir (22). Sonlu elemanlar analizindeki temel hedef, yükleme yapılan yapıda meydana gelen stres ve sapmaları gerçeğe en yakın olacak şekilde hesaplamaktır. Ortodontik ataçmanların etrafındaki stres dağılımlarının değerlendirilmesinde de sonlu elemanlar metodu kullanılmaktadır.

Literatür verileri incelendiğinde iskeletsel ankraj metotlarıyla Sınıf III iskeletsel anomalilerin tedavisini bildiren çalışmaların sınırlı olduğu ve bu yeni yöntemlerin etkilerinin henüz tam olarak bilinmediği görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı iki farklı teknikle (kemik destekli maksiller ilerletme/hybrid hyrax-mentoplate kombinasyonu) maksillaya uygulanan iskeletsel ilerletme yöntemlerinin etkilerini geleneksel FM ile kıyaslayarak değerlendirmektir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Sınıf III Maloklüzyonların Tanımı ve Sınıflandırılması

Sınıf III maloklüzyon ilk kez 1899 yılında Edward Hartley Angle tarafından tanımlanmıştır. Angle'in bu tanımına göre; Sınıf III maloklüzyon, üst çene sabit kabul edilerek, alt çenenin anterior pozisyonu, alt dişlerin mezial oklüzyonu, alt kesici dişlerin lingual inklinasyonudur (23) .

Ortodontik anomalilerin tarifinde ortak bir dil olması için anomalilerin sınıflandırılması gerekmektedir. Sınıflandırma kabaca dişsel ve iskeletsel olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır.

En sık kullanılan dişsel maloklüzyon sınıflaması Angle'in sınıflamasıdır. Bu sınıflandırmaya göre, Sınıf III maloklüzyon sentrik kapanışta üst birinci büyük azı dişi sabit kabul edildiğinde, alt birinci büyük azı dişinin median sulkusunun, üst birinci büyük azının meziobukkal tüberkülünden daha mezialde konumlanmasıdır (23).

1931 yılında sefalometrik radyografinin keşfi ile Sınıf III maloklüzyonun iskeletsel yönü de belirlenmiştir (24). Sefalometrik incelemelere göre, Sınıf III maloklüzyona sahip kişilerde üç tip iskeletsel uyumsuzluk olabilmektedir (25).

Prognati İnfierior (Gerçek Prognati): Alt çenenin uzayın her yönünde (sagittal, vertikal, horizontal) aşırı büyümesiyle karakterizedir.

Retrognati Süperior (Yanlış Prognati): Alt çene hacimsel olarak normaldir, fakat üst çene uzayın üç yönünde de küçük olduğundan üst çene retrognatisine bağlı alt çene daha ilerideymiş gibi görünmektedir.

Retrognati Süperior ve Prognati İnfierior Kombinasyonu: Alt çenenin prognatiye, üst çenenin retrognatiye sahip olduğu uyumsuzluktur.

Fonksiyonel ön çapraz kapanışta (pseudo prognati, yalancı prognati) ise; alt ve üst çenede yapısal olarak bozukluk bulunmamaktadır, ancak hasta alt çenesini farklı nedenlerle (prematür kontak, taklitçilik, tonsilla hipertrofisi vb.) kapanışta, istirahat durumuna göre daha öne getirerek kapatır. Etiyolojik faktörler ortadan kaldırılmazsa kondiler adaptasyon gelişerek durum morfolojik hale dönüşebilir (26, 27).

2.2. Etiyoloji

Sınıf III maloklüzyonların etiyojisinde en büyük rolü kalıtım oynamakla birlikte çevresel faktörler de Sınıf III maloklüzyon üzerinde etkili olmaktadır (28).

Kalıtımın etkisi özellikle mandibular prognati olgularında karşımıza çıkmaktadır. Literatürde bu durumla ilgili olarak yapılan çalışmada şiddetli iskeletsel Sınıf III maloklüzyonlu çocukların üçte birinin ebeveynlerinde de aynı sorunun görüldüğü ve altıda birinin de aynı tip iskeletsel problemi olan kardeşinin olduğu bildirilmiştir (29).

Büyümüş tonsiller, konjenital anatomik defektler, burun tıkanıklığı, hipofiz bezi hastalıkları, habitüel olarak mandibulanın önde konumlandırılması, yumuşak dokuların etkisi, dilin konumu ve büyüklüğü, prematür kontaklar, travma iskeletsel Sınıf III maloklüzyonun oluşmasında etkili olabilen çevresel faktörlerdir (26, 30).

Sınıf III maloklüzyonlu çoğu hastada, maksillanın gelişim yetersizliğine bağlı olarak mandibula büyümüş gibi görünmektedir. Vertikal ve horizontal yönde yetersiz maksiller büyümeden kaynaklı olarak, mandibula anterior rotasyon yapmakta, daha prognatik bir profil oluşmaktadır (31, 32). Bu bireylerde alt dudak ve çene ucu yerinde olmasına karşılık burun altı çöküktür, üst dudak geridedir. Maksiller retrüzyonun etiyojisinde de en büyük etkenin kalıtım olduğu belirtilmektedir. Yapılan monozygotik ikiz çalışmalarında aynı zamanda çevresel faktörlerin de etkili olduğunu gösterilmiştir. Ayrıca, hormonal düzensizliklere bağlı olarak, konjenital anomaliler ve sendromlar sebebiyle, üst çene bölgesine gelen travmadan, üst çene bölgesini etkileyen iltihaplar, üst çenede mikrodonti veya diş eksiklikleri, üst çenede gömülü dişlerin olması ve erken uygulanan çekimler, dudak damak yarıkları, erken uygulanan cerrahi operasyonlar ve fonksiyonel etkenler sonucunda da bu anomali meydana gelebilmektedir (29, 30). Ağız solunumu da maksiller retrüzyona sebep olabilmektedir (30).

2.3. Tedavi Zamanlaması

Sınıf III maloklüzyonlar için tedavi zamanlamasının ne zaman olacağı ve tedavilerin farklı yaş gruplarında meydana getirdiği etkiler hakkında farklı görüşler bulunmaktadır. Sınıf III bireylerde erken tedaviyi savunan araştırmacılar, erken dönemde yapılan

tedaviyle ortopedik etkinin arttığını, tedavi sonucunda elde edilen etkilerin daha çok iskeletsel olduğunu bildirmişlerdir (9, 14, 33).

Bazı araştırmacılar Sınıf III maloklüzyonların tedavisine daimi birinci molarlar sürdüğünde başlanmasını savunmaktadır (34, 35).

Tweed (36), maksiller retrüzyona sahip hastalarda tedaviye erken karma dentisyon döneminde (7-9 yaş) başlanmasının doğru olduğunu, aksi halde maksiller keserlerin konumundan dolayı maksillanın gelişiminin engelleneceğini ve şiddetli bir fasiyal probleme neden olacağını bildirmiştir.

Farklı yaş gruplarından meydana gelen (3-6 yaş, 6-9 yaş ve 9-12 yaş) Sınıf III maloklüzyonlu 112 hasta ile yapılan bir çalışmada tedavi için RME ve FM kullanılmıştır. Tedavi sonucunda gruplar arasında anlamlı fark bulunmamasına karşın, erken dönemde tedavi ile elde edilen değişimlerin belirgin ve hızlı olacağı, kooperasyonun daha yüksek olabileceği, estetik açıdan daha iyi yanıt alınabileceği ve böylelikle ileride oluşabilecek psikolojik sorunların önüne geçilebileceği savunulmuştur (14).

Baccetti ve ark. (37) yaptıkları çalışmada 46 hastayı FM ve bonded tipi akrilik splint ekspansiyon aygıtı ile tedavi etmişlerdir. Tedavi edilen hastaları dişlenme durumuna göre erken ve geç karma dişlenme olmak üzere iki gruba ayırmışlardır. Sonuçta erken karma dişlenme döneminde elde edilen iskeletsel değişimlerin, geç döneme göre daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Erken tedavinin sonucu olarak maksillada efektif bir anterior hareket olurken, geç dönem grubu maksiller gelişim açısından anlamlı bir gelişme göstermemiştir.

Kapust ve ark. (11) FM ve RME tedavisi uyguladıkları 63 Sınıf III vakayı yaşları açısından 4-7, 7-10, 10-14 olmak üzere üç gruba ayırmışlar ve tedavi etkinliğini karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar erken dönemde tedavi edilen yaş gruplarında daha fazla değişiklikler edinildiğini belirtmişlerdir; fakat 10-14 yaş grubunu oluşturan geç dönemde de maksiller ilerletmenin belirgin biçimde saptandığını ve bu dönemde de ortopedik sonuçlar alınabileceğini bildirmişlerdir.

Bazı çalışmalarda da farklı yaş gruplarında maksiller protraksiyon sonrası elde edilen değişikliğin az miktarda olduğu bildirilmiş ve farklı yaş grupları arası sefalometrik değerlendirmede anlamlı farklılık bildirilmemiştir (38, 39).

Kajiyama ve ark. (40) yaptıkları bir çalışmada, süt ve karma dentisyona sahip Sınıf III bireyleri FM ile tedavi etmişler, süt dentisyonda tedavi edilen grupta maksillanın öne hareketinin daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Sınıf III maloklüzyonların tedavilerinin erken yaşta yapılmasını savunan bir çok çalışmaya rağmen, yaş faktörü ile tedavi etkileri arasında korelasyon olmadığını savunan araştırmalar da bulunmaktadır (7, 33, 38).

Tedaviye erken yaşta başlanıldığı zaman, tedavinin uzun sürmesinden dolayı kooperasyon kaybı yaşanabileceğini, bu nedenle tedavinin geç karma dentisyon döneminde de yapılabileceğini rapor eden yazarlar da vardır (41, 42) .

Bazı araştırmacılara göre Sınıf III bireylerde mandibular büyümenin tahmin edilememesine bağlı olarak, hastanın büyüme ve gelişimi tamamlandığında erken yaşlarda yapılan ortopedik ya da ortodontik tedavi yaklaşımları yetersiz kalabilmektedir (33, 43). Hatta bazı araştırmacılar, hastanın büyüme gelişimi sona erdikten sonra Sınıf III maloklüzyonun ortognatik cerrahi ile tedavi edilmesi gerektiğini bildirmektedir (30, 44).

Tedavi zamanlaması ile ortopedik tedavinin etkilerini değerlendiren birçok çalışmada bireylerin kronolojik yaşları ve dental yaşları esas alınmaktadır (7, 14, 38). Fakat aynı kronolojik yaşta olan bireyler farklı iskeletsel gelişim döneminde olabilmektedir. Bu nedenle tedavi planlaması yapılırken iskeletsel yaşın kronolojik yaştan daha değerli bir kriter olduğu rapor edilmiştir (41, 45).

Genel olarak literatür verileri incelendiğinde erken dönemde yapılan tedavilerde daha fazla iskeletsel ilerletme elde edildiği görülmekte, tedavi daha kısa sürmekte ve bu sayede ergenlikte yaşanılacak psikolojik travmanın önüne geçilebilmektedir.

2.4. İskeletsel Sınıf III Hastalarda Tedavi Yöntemleri

Sınıf III maloklüzyona sahip bireylerde tedavi yaklaşımları maloklüzyonun köken aldığı çene, etiyojisine, şiddetine ve bireyin büyüme gelişim dönemine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Sınıf III maloklüzyonların tedavisinde ağız içi ve ağız dışı birçok farklı aparey kullanılmaktadır.

2.4.1. Çenelik

Hafif veya orta derecedeki mandibular protrüzyonda, mandibulanın büyümesini kontrol etmek ya da sınırlandırmak amacıyla yıllarca kullanılmıştır (46).

Kontrol grubu kullanılmayan bazı çalışmalarda tek başına çeneliğin uzun dönem etkilerinin zayıf olduğu, aparey bırakıldıktan sonra orjinal büyüme paternine geri dönüş olduğu bildirilmiştir (47, 48). Bazı yazarlar da çenelikle tedavi edilmiş hastalarla tedavi edilmemiş hastalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığını göstermişlerdir (47, 49).

Çenelik tedavisinde amaç kuvveti kondillerin merkezinden geçirerek mandibular büyüme frenlemek, aynı zamanda alt çeneye aşağıya ve geriye rotasyon yaptırmaktır. Bunun sonucu olarak alt yüz yüksekliği artmaktadır. Bu tedavi şekli mandibular prognatiye yapılan bir müdahale olması sebebiyle, Sınıf III maloklüzyonun büyük bir kısmını oluşturan, maksiller retrognatiye bağlı yetersiz orta yüz gelişimi bulunan hastalarda uygun görülmemektedir (50, 51).

2.4.2. Sınıf III Elastikler

Sınıf III intermaksiller elastikler, üst molar dişlerde ekstrüzyona sebep olmakta ve bundan dolayı mandibula aşağı ve geriye doğru rotasyon yapmaktadır. Bu durum iskeletsel durumda düzelme gibi görünmesine rağmen, sonuçta maksilla ve mandibulaya etki sınırlı olmakta ve ortopedik bir etki meydana gelmemektedir (52).

2.4.3. Frankel III

Frankel III apareyinin perioral kasları etkileyerek myofonksiyonel etkiyle Sınıf III maloklüzyonu düzeltebileceği bildirilmiştir. Bununla birlikte apareyle elde edilen etkinin alt çenede aşağı arkaya rotasyon ve alt keserlerin linguale devrilmesi olduğu ve apareyin etkilerinin dentoalveoler düzeyde kaldığı, ortopedik etkisinin zayıf olduğu rapor edilmiştir (53, 54).

2.4.4. Yüz Maskesi

Sınıf III maloklüzyonda sebep maksiller retrüzyon ise çenelik uygulamasının doğru bir tedavi seçeneği olmadığı belirtilmiştir (50). Sınıf III maloklüzyonun maksiller retrüzyon

kaynaklı olduğunun farkına varılmasından sonra maksillaya protraksiyon kuvveti uygulanmaya başlanmıştır.

Yüz maskesi, alın ve çeneden destek alan ağız dışı bir aygıttır ve ağız içi ankraj ünitesinden lastik yardımıyla maksillaya protraksiyon kuvveti uygulanır.

Openheim, 1944 yılında mandibulanın aşırı büyümesinin ve önde konumlanmasının engellenemeyeceğini düşünerek, mandibular protruzyonu dengelemek amacıyla maksillayı ileri hareket ettirmeyi öne sürmüştür (55).

1960'larda Delaire (56) maksiller protraksiyon için FM kullanımını yeniden gündeme getirmiştir. Geliştirdiği Delaire FM tipinde, alın ve çene ucu parçalarını bir metal çerçeve ile birbirine bağlamıştır.

Petit daha sonra, Delaire'in FM'sini modifiye ederek, alın ve çene ucu parçalarını kalın bir metal bar ile birleştirmiş, uygulanan kuvvet miktarını artırarak tedavi süresini kısaltmıştır (56).

Nanda, geliştirdiği modifiye protraksiyon headgear apareyinde, molar dişlerdeki tüplere bir yüz arkı geçirerek kuvvet uygulayıcı elastikleri, çenelik kısımdan uzanan metal barlardan bu yüz arkına uygulamıştır. Bu sayede kuvveti istenilen şekilde maksillanın direnç merkezinden, yukarisından veya aşağısından geçirilebileceğini bildirmiştir (44).

Yüz maskesi maksiller ankraj ünitesi ile kombine edildiğinde (özellikle bonded tipi RME apareyi) oluşacak etkiler genel olarak şu şekildedir:

- Sentrik ilişki ve sentrik okluyondaki uyumsuzluk düzelmektedir (özellikle pseudo Sınıf III hastalarda)
- Maksillada iskeletsel protraksiyon meydana gelmektedir.
- Maksiller dentisyonda öne doğru hareket oluşmakta posterior dişlerde mezializasyon oluşmaktadır.
- Alt keser dişlerde lingual tipping olmaktadır.
- Mandibulada posterior rotasyon meydana gelmektedir ki; bu durum high angle vakalarda istenmemektedir.
- Maksilla öne doğru gelirken bir miktar yukarı doğru rotasyona uğramaktadır bu durum kapanışın açılmasına sebep olmaktadır.
- Mandibular büyümede olumlu değişiklikler meydana gelmektedir (37).

2.4.4.1. Protraksiyon Kuvvetinin Yeri ve Yönü

Yüz maskesi tedavisinde kuvvetin uygulanma noktası ve yönü maksillanın hareket yönünü etkilemesi nedeniyle önemlidir. Maksilla gelen kuvvete bağlı olarak paralel, saat yönünde veya saat yönünün tersine rotasyona uğrayarak hareket etmektedir. Tedavilerde genelde maksillanın saat yönünün tersine rotasyon yapmadan aşağı ve öne doğru translasyon hareketi yapması istenir (57). Ancak FM çalışmalarının büyük çoğunluğunda maksillanın ters saat yönü rotasyon yaptığı bildirilmiştir (58, 59). Bu durum, derin kapanışa sahip ve low angle vakalarda olumlu sonuç verse de, high angle ve open bite'ı bulunan Sınıf III vakalarda istenmemektedir (60).

Bazı araştırmacılar maksillanın ters saat yönü rotasyonunu engellemek için uygulanan protraksiyon kuvvetinin maksillanın direnç merkeziyle olan ilişkisini değiştirmeye çalışmışlardır. Bu amaçla da maksillanın direnç merkezi lokalizasyonunu tam olarak saptamaya çalışmışlardır.

Tanne ve ark. ile Hirato, çalışmalarında maksiller dentisyonun direnç merkezinin maksiller birinci ve ikinci premolar dişlerin kök uçları arasında olduğunu belirtmişlerdir (61, 62). Maksillanın direnç merkezi ise Staggers ve ark. (63)'na göre zigomatik buttres seviyesinde; Miki (64) 'ye göre anteroposterior yönde maksiller birinci ve ikinci premolarların köklerinin apeksleri arasında, vertikal yönde orbita tabanı ile maksiller daimi birinci molar dişin distal kökünün apeksi arasında; Hata ve ark. (65)'na göre ise palatal düzlemin 5 mm yukarısında yer almaktadır. Araştırmacılar bu görüşler çerçevesinde maksillaya uygulanan kuvvetin hem açılarını hem de uygulama yerlerini değiştirmeye çalışmışlardır.

Hickham (58) maksillanın saatin tersi yönüne rotasyonunu engellemek için protraksiyon elastiklerini maksiller kaninlerin yakınından, Mermigos ve ark.(59) ile Wisth ve ark. (59) ise maksiller kanin bölgesinden uygulamışlardır. Kambara ise mümkün olduğu kadar anteriordan kuvvet uygulamak gerektiğini belirtmiştir (66).

Robert ve Substenly (67) kuvvetin uygulama noktasını lateral dişlerin distaline taşımışlardır ama yine de maksillanın ileri ve yukarı rotasyonunun engellenemediğini belirtmişlerdir.

Bazı araştırmacılar da kuvvetin uygulama yönünü değiştirerek bu istenmeyen rotasyon hareketinden kaçınılabileceğini belirtmişlerdir.

Itoh ve ark (68) protraksiyon için uygulanan kuvvetin horizontal değil de aşağı doğru açıldırılarak verilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar insan kafatasını 3 boyutlu anatomik olarak modelleyerek protraksiyon aygıtlarının ortopedik etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarında farklı gruplara molar ve premolar bölgeden ayrı ayrı olmak üzere oklüzal düzleme paralel ve oklüzal düzleme aşağı doğru 20° açı oluşturacak şekilde protraksiyon kuvveti uygulamışlardır. Kuvvet molar dişten uygulandığında ve oklüzal düzleme paralel yönde olduğunda molar dişte saat yönünün tersine devrilme meydana gelmiştir. Oklüzal düzleme 20° aşağı yönde uygulanan kuvvette ise tipping azalırken, ekstrüviz etki görünmüştür. Daimi birinci molardan oklüzal düzleme paralel uygulanan kuvvette palatal kemikte saatin tersi yönünde rotasyon olmuştur. Kuvvet, oklüzal düzleme aşağı yönde 20°'lik açı yapacak şekilde uygulandığında ise palatal düzlemin saat yönünün tersine rotasyonunu azalmıştır. Özellikle premolar bölgeden oklüzal düzleme göre aşağıya 20°'lik açı yapacak şekilde kuvvet uygulandığında palatal düzlemin daha az devrildiği bildirilmiştir. Araştırmacıların verilerine göre, premolar bölgeden kuvvet uygulandığında molar bölgeden uygulamaya nazaran kapanış daha az açılmaktadır ve bunun nedeni, kuvvetin uygulandığı noktaya göre maksillanın rotasyon merkezindeki değişikliklerdir. Molar bölgeye kuvvet uygulandığında rotasyon merkezi sella tursikanın altında kafa kaidesine doğruyken, kuvvet premolar bölgeye geldikçe rotasyon merkezi etmoid kemiğe doğru hareket etmektedir. Sonuç olarak bu araştırmacılar, protraksiyon kuvvetinin aşağı ve ileri yönlü vektörünün olması gerektiğini, bu sayede protraksiyon esnasında orta yüzde meydana gelen rotasyonun minimuma indirilebileceğini rapor etmişlerdir.

Birçok araştırmacı protraksiyon sırasında maksillanın yukarı rotasyonunu önlemek amacıyla, kuvveti oklüzal düzleme 15-30° aşağı yönde olacak şekilde uygulamış; fakat bu rotasyondan kaçınamamışlardır (13, 69, 70).

Ishii ve ark. (2), molar ve premolar bölgesinden maksillaya protraksiyon kuvveti uygulayarak karşılaştırma yapmışlardır. Molar bölgeden kuvvet uygulandığında maksillanın anterior hareketinin daha fazla olduğunu fakat saatin ters yönü rotasyon miktarının da daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Bunun sonucunda ön açık kapanış bulunan hastalarda premolar bölgeden kuvvet uygulamayı önermişlerdir.

Tanne ve ark. (108) protraksiyon kuvvetinin açısal olarak değişmesinde oluşan etkiyi sonlu elemanlar analiziyle değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında maksiller daimi birinci molar dişler hizasından oklüzal düzleme -90°'den +90°'ye kadar olacak şekilde 1 kg

kuvvet uygulayarak kraniyofasiyal yapıdaki yer değiştirmeleri gözlemlemişlerdir. Maksiller komplekse 30-60° arasında kuvvet uygulandığında yukarı ve ileri yöndeki en büyük yer değiştirme miktarı elde edilmiştir. Kuvvet okluzal düzlemle 30° açıyla aşağı doğru uygulandığında ise, maksillada vertikal yönde yer değişimi olmadığını bildirmişlerdir. 45° aşağı açıldığında vertikal ve hortalizantal yer değiştirme miktarı eşit olarak tespit edilmiştir (71).

Tanne ve ark. (69) aynı yöntemle bu kez premolar bölgesinden kuvvet uygulayarak yaptıkları çalışmada okluzal düzleme paralel kuvvet uyguladıklarında maksiller kompleksin ileri ve yukarı hareket ettiğini tespit etmişlerdir. Okluzal düzlemle aşağı doğru 30° açı yapacak şekilde kuvvet uygulandığında ise maksillada translasyona yakın bir hareket elde edildiğini bildirmişlerdir.

Lee ve ark. (72) holografik interferometre yöntemiyle yaptıkları çalışmalarında protraksiyon kuvvetinin miktarının, yönünün ve uygulanma noktasının maksillofasiyal kompleks üzerinde oluşturduğu etkileri değerlendirmişler. Kuvveti okluzal düzlem seviyesinden ve okluzal düzlemin 15 mm yukarisından olacak şekilde uygulamışlardır. Çalışmalarının sonuçlarına göre kuvvet okluzal düzlem seviyesinde uygulandığında, kuvvet okluzal düzlemden 20° aşağı doğru açıldıkça maksillada meydana gelen anterior rotasyon azalmakta ve translasyona dönmektedir. Kuvvet okluzal düzlemin 15 mm yukarisından ve aşağı doğru 20° açıyla uygulandığında ise translasyon hareketi meydana gelmektedir. Yazarlara göre derin kapanışlı bireylerde kuvvet okluzal düzleme paralel olarak uygulanarak kapanış açılabilmekte ve açık kapanışlı bireylerde okluzal düzleme 20° açıyla kuvvet uygulanıp maksillanın rotasyon merkezi değiştirilerek kapanış kontrol edilebilmektedir (72).

Keleş ve ark. (60), 20 hastayı rastgele iki gruba ayırmış, iki gruba da FM kullandırmışlar fakat ekstraoral kuvvetleri farklı bölgelerden uygulamışlardır. Birinci grupta FM ağız içindeki RME aygıtına kanin bölgesinden okluzal düzlemden aşağı doğru 30° olacak şekilde 500 g kuvvetle verilmiş; ikinci grupta RME'ye premolar bölgesinde tüpler ilave edilmiş, yüz arkının kolları modifiye edilerek ağız içi kolları bu tüplerin distalinden U bükümlerle yukarı eğimlendirilmiş ve ağız dışı kollar da 30° yukarı bükülmüştür. Frankfurt horizontal düzleme paralel olacak şekilde FM'den bu kollara 500 g kuvvet uygulanmıştır. Sonuçta iki grupta da maksillada anterior hareket gözlenirken, birinci grupta maksillada anterior rotasyon meydana gelirken ikinci grupta translasyon şeklinde hareket olmuştur.

Nanda (44), maksillanın hareketini kuvvetin uygulanma yönüne göre kontrol etmeyi amaçlayarak tasarladığı modifiye protraksiyon apareyini tanıtmıştır. Maksiller komplekse okluzal seviyeden kuvvet uygulandığında maksillanın anterior rotasyonla beraber öne geleceğini bildirmiştir. Yüz arkı kullanarak yaptığı modifiye apareyinde kuvveti okluzal düzlemin yukarisından uygulamıştır. Böylelikle maksillanın anterior rotasyonunu önlediğini bildirmiştir, fakat mandibulanın posterior rotasyonunun ve üst molar ekstrüzyonunun önlenemediğini bildirmiştir (44).

2.4.4.2. Yüz Maskesi Tedavisi ile Oluşan İskeletsel ve Dentoalveolar Değişiklikler

Chong ve ark. (73) çalışmalarında yaş ortalamaları 4,58 ile 8,25 arasında değişen bireylerde erken FM sonuçlarını değerlendirmişlerdir, tedavi sonunda maksillomandibular ilişkinin ve overjetin anlamlı şekilde düzeldiğini, ön çapraz kapanışın düzelmesinde alt çenenin aşağı ve geriye rotasyonu ile alt keserlerin retroklinasyonunun etkili olduğunu, üstçenenin iskeletsel ve dentoalveolar olarak öne hareket etmesinin de düzelmeye katkı sağladığını bildirmişlerdir.

Cozza ve ark. (74), pubertal büyüme atılımı henüz başlamamış olan Sınıf III anomalili bireylere, FM tedavisi sonucunda görülen maksiller posterior dişlerin ekstrüzyonunu ve buna bağlı olarak gelişen mandibulanın saat yönü rotasyonunu önlemek için FM ile alt çeneye hareketli bite blok apareyi kullandırmışlardır. Tedavi sonucunda; palatal düzlemde ters saat yönü rotasyon, SNA ve ANB açısında artış ve SNB açısında azalma, maksillar uzunlukta (Co-A), overjet miktarında artış görüldüğünü ve mandibulada belirgin bir rotasyon olmadığını bildirmişlerdir (74).

Kajiyama ve ark. (75) yaptıkları çalışmada, Sınıf III maloklüzyona sahip ortalama yaşları 8 yıl 7 ay olan 29 hastada, modifiye maksiller protraksiyon aygıtının etkilerini incelemişlerdir. SNA ve ANB açılarında artış gözlenirken, SNB açısında belirgin bir azalma meydana geldiği, maksiller keser dişlerde proklinasyon, mandibular keserlerde retroklinasyon olduğu ve interinsizal açıda azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Araştırmacıların bulgularına göre anterior çapraz kapanışta meydana gelen düzelmelerin %70'inin iskeletsel hareketle, %30'unun ise keser dişlerin hareketiyle oluştuğu gözlenmiştir.

Saadia ve Torres (14), 3-6, 6-9 ve 9-12 yaş grupları olarak üçe ayırdıkları Sınıf III anomaliye sahip hastalara, maksiller ekspansiyon ve Petit tipi FM kullandırmışlardır. 9

yaşından küçüklerin gece uyurken büyüklerin ise 14 saat olacak şekilde takmaları istenmiş, tedavi sonuçlarına göre; SNA, maksiller derinlik ve yüz konveksitesi açılarında bütün gruplarda anlamlı değişiklik görülmüştür. Kızlardaki değişiklik erkeklere göre, küçük yaş grubundaki bireylerdeki değişim ise büyük yaş gruplarına göre daha belirgin olmuştur.

Cha (8), çalışmasında Sınıf III bireyleri pubertal büyüme atılımı öncesi, atılım dönemi ve atılım sonrası tedavi gruplarında FM etkinliğini değerlendirmiştir. Bu araştırmanın sonucunda; pubertal büyüme atılımı öncesi ile puberte dönemindeki hastalar arasında maksiller ilerleme miktarında anlamlı fark bulunmamış; fakat puberte sonrası grupta maksiller ilerleme daha az bulunmuş ve değişikliğin daha çok dentoalveolar olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca mandibulanın posterior rotasyonunun, alt yüz yüksekliğindeki artışın ve maksiller molar dişlerdeki ekstruzyonun iskelet yaş ile artış göstermediği belirtilmiştir (8).

Vaughn ve ark. (76), çalışmalarında RME'li ve RME'siz olarak yapılan FM tedavisi sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Sonuçlara göre iki tedavi grubu arasında anlamlı farklılık tespit edememişlerdir. İki grupta da maksilla öne ve yukarı hareket etmiş mandibuladaysa saatin tersi yönünde rotasyon meydana gelmiştir (76).

Baik (38), yaşları 8 ile 13 yaş aralığındaki hastalarda yapmış olduğu çalışmada hem RME'li ve RME'siz (labiolingual aygıt) FM gruplarını karşılaştırmışlar hem de RME ile eş zamanlı ve RME sonrası FM uygulamayı karşılaştırmıştır. RME ile yapılan FM tedavisinde RME'siz yapılan tedaviye göre maksillada anlamlı miktarda daha fazla anterior hareket tespit etmişlerdir. Protraksiyonla eş zamanlı olarak RME uygulanan grupta, RME sonrası protraksiyon uygulanan gruba göre istatistiksel olarak anlamlı olmamakla beraber maksillada daha fazla öne hareket tespit edilmiştir (38).

FM ile maksiller dişlerden destek alan apareylere lastiklerle kuvvet uygulanır. Labiolingual arklar, sabit ya da hareketli üst plaklar, Nance apareyi, banded ya da bonded RME apareyleri bu amaçla kullanılabilir (11, 12, 37). Burada üzerinde düşünülmesi gereken konu uygulanan kuvvetin ne kadarının maksiller bazal kaideye ve süturlara iletiildiği, ne kadarının dişlerde kaybolduğudur.

Delaire (12) damağı tam olarak örten splint tarzındaki apareylerin daha etkili olabileceğini söylemektedir.

Orton ve ark. (77) sabit bantlı apareyler yerine okluzyon yükselten hareketli apareylerle daha fazla ortopedik etki elde edilebileceğini savunmuşlardır.

Dişlerden destek alınarak yapılan FM tedavilerinde bazı yan etkiler oluşmaktadır. İstenilen etki ortopedik olarak maksillanın ilerletilmesiyle diş aracılığıyla kuvvet uygulandığında periodontal ligament (PDL)'te ciddi kuvvet kaybı oluşmaktadır ve iskelete iletilen kuvvet azalmaktadır. Ayrıca maksiller posterior dişlerde ekstrüzyon ve mezializasyon keserlerde protrüzyon alt keser dişlerde retrüzyon meydana gelmektedir (8, 11, 14). Özellikle yer darlığı olan vakalarda mezializasyon önem arz etmektedir.

2.5. Ortodontide İskeletsel Ankraj Sistemleri

Dental yan etkilerden kaçınmak amacıyla literatürde ankraj ünitesi olarak ankilozlu dişler, implantlar, onplantlar, minividalar ve plaklar denenmiştir.

Smalley ve ark. (78) maymunlar üzerinde yaptıkları çalışmalarında titanyum implantlardan destek alarak maksillada önemli miktarda anterior hareket elde etmişlerdir (78).

Singer ve ark. (79) çalışmalarında dudak damak yarıklı hastaları zigomatik çukıntıya yerleştirilen implantlardan yararlanarak dental yan etkiler olmaksızın tedavi etmişler. Buna göre bu dental yapılardan uzaklık avantaj oluştururken, cerrahi işlem gerektirmesi dezavantajını da gözönünde bulundurmak gerekmektedir (79).

Hong ve ark. (19) maksiller retrüzyonlu hastanın damağına 1.molar hizasında suture palatina medianın yanında 7,7 mm'lik onplant yaparak 4 ay osseointegrasyon sonrası rijit barlarla maksiller arkı bu onplanta bağlamışlar ve bu bara kanin bölgesinden FM uygulamışlardır. Tedavi bulgularına göre maksiller dişlerdeki yan etkileri gözlemlememişlerdir. Onplantın başarılı olması yanında osseointegrasyonun beklenmesi dezavantajına karşılık miniplaklar denenmeye başlanmıştır. Miniplaklara yerleştirildikten sonra direk kuvvet uygulanmaktadır.

Kırçelli ve Pektaş (80), miniplakları lateral nazal duvarlara üçer adet 2 x 5 mm boyutlarındaki minividalar ile sabitleyerek miniplaklara her taraf için 300 g kuvvetle FM uygulamışlar. Yazarlar bu tedaviyle dişlerde yan etkiler olmadığı gibi Le Fort II düzeyinde maksiller ilerleme elde edildiğini bildirmişlerdir (80).

Şar ve ark. (81), kontrol grubu bulunan çalışmalarında birinci grupta apertura piriformise 1,5 x 7 mm'lik iki minivida ile sabitledikleri miniplaklara FM uygulamışlar, ikinci gruba ise RME'den FM uygulamışlardır. İki gruba da protraksiyon öncesi RME uygulanmıştır. Sonuç olarak miniplaklı grupta maksiller ilerleme miktarı anlamlı olarak

daha fazla bulunmuş, anterior rotasyon miktarında anlamlı fark bulunmamıştır. Mandibulanın posterior rotasyon miktarı ise diş destekli grupta daha fazla bulunmuştur (81). Lee ve ark. (82) da yaptıkları çalışmada benzer sonuçlar bulmuşlardır.

De Clerck ve ark. (17) 2009'daki çalışmalarında zigomaya ve mandibula anterior bölgeye sağlı sollu miniplaklar yerleştirmişler ve bu plaklardan intermaksiller lastikler kullanarak saf kemik kaynaklı ortopedik kuvvet uyguladıklarını belirtmişlerdir ve etkin maksiller ilerletme elde etmişlerdir. Cevidanes ve ark. (83) aynı iskeletsel ankraj yöntemini kullanarak, FM ile kıyaslamışlar ve sonuç olarak iskeletsel ankraj yönteminde anlamlı derecede daha fazla maksiller anterior hareket tespit etmişlerdir.

De Clerck ve Bacetti (84) çalışmalarında aynı yöntemi kullanmışlar ve 21 maksiller retrüzyonlu ortalama yaşları 11 olan hastaları tedavi etmişlerdir. Miniplaklar mandibulada 2, maksillada 3 adet 2,3 x 5 mm lik vidalarla sabitlenmiş, tüm gün boyunca başlangıçta 150 g, sonraki ay 200 g ve 3 ay sonra 250 g olacak şekilde intermaksiller elastik verilmiştir. Sonuçlar konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KİBT) ile incelenmiş ve sonuçta tedavi grubunda, kontrol grubuyla kıyasla, orbitada yaklaşık 3 mm, pterygomaksiller noktada 2 mm daha fazla anterior hareket tespit edilmiştir. Yazarlara göre tedavi sonucunda pterygomaksiller fissur ve orbita seviyesinde anterior hareket elde edilerek, maksiller kemik bütün olarak ileri taşınmıştır (84). Nguyen ve ark. (85) maksiller yetersizliği bulunan hastalar üzerinde aynı yöntemle yaptıkları çalışmada benzer sonuçlar elde etmişler ve maksilladaki rotasyonun minimum derece olduğuna değinmişlerdir. Ayrıca 3 boyutlu değerlendirmelerinde RME kullanılmamasına rağmen zigomatikofrontal, zigomatikotemporal, zigomatikomaksiller ve transvers palatin süturlarda distraksiyon gözlemlenmişlerdir.

Bazı yazarlar prepubertal hastaların bazılarında zigoma ankrajı için yeterli alan olmayabileceğini ve bundan dolayı klinik uygulamada zorluk yaşanacağını bildirmişlerdir (16, 18).

2011'de Benedict Wilmess (21) anterior damakta sadece iki miniimplant gerektiren yeni bir iskelet desteği seçeneğini geliştirmiştir. Benefit sistemi, geçici ankraj aygıtını (minividayı) protraksiyon apareyiyle güvenli bir şekilde bütünleştirmek için kullanılmıştır. Benedict maksillanın öne ilerletmesini uyarmak için rapid ekspansiyonla midpalatal suturen açılmasını tavsiye etmiştir. Yazara göre diş-kemik destekli hibrit

hyrax dişlerin mezial migrasyonunu engelleyebilir ve aynı zamanda eş zamanlı RME ye olanak sağlar ve maksiller protraksiyona iskeletsel destek sağlar (21). De Clerck (84) mandibular miniplakları alt kaninler sürdükten sonra yerleştirmiştir. Benedict Wilmess (21) daha küçük yaşta yerleştirmeye olanak sağlaması için mentoplate'ı geliştirmiştir. Benedict'e göre mentoplate alt keserlerin apikaline yerleştirilmekte ve daha küçük yaşlarda kullanılabilir ve böylelikle tedavinin etkinliği artırılmaktadır. Yazara göre mandibulada mentoplate ile maksiller arkta hybrid hyraxla kuvvet sadece iskeletsel yapılara aktarılabilir. Benedict ve ark. (21) çalışmalarında yedi adet hastaya toplam 14 adet Benefit miniimplantı kullanmışlar ve hiçbirinde hata ve komplikasyon yaşamamışlardır. Anterior damaktaki kemiğin kaliteli olması, köklerden uzak pozisyonu, hareketsiz mukoza nedeniyle bu bölgeyi kullanmanın stabilite için daha faydalı olması gibi sebeplerden ötürü bu bölgenin seçildiğini belirtmişlerdir. Tedavi sonunda vidalar genellikle anestezi olmadan kaldırılmıştır. Hybrid Hyrax ayrıca anterior bölgede diş desteği olmadığı durumlarda RME için de kullanılabilir. 7 hastanın hiçbirinde mentoplate de kayıp olmamış sadece hareketli mukozanın üzerinden uzantıların geçtiği yerlerde hafif irritasyon gözlenmiştir. Bu sonuçlara dayanarak mentoplate'in sadece ortopedik tedavide değil, ortodontik düzeltmede de yararlı olabileceğini ifade etmişlerdir. Yazarlara göre alveolar procesteeki minivida kaybı oranının yüksekliği gözönünde bulundurulursa mental bölgenin mandibular iskeletsel ankraj için daha iyi olduğu söylenebilir hatta buraya alt çenenin anterior damağı denilebilir.

Benedict Wilmess ve ark. (21) göre Hybrid Hyrax-Mentoplate yaklaşımı erken dönem Sınıf III tedavisinde diğer metodlara göre birçok avantaj sunmaktadır:

- Kuvvet iskeletsel yapılara direk olarak uygulanır (mentoplate sayesinde) ya da indirekt transfer edilir (Hybrid Hyrax)
- Aparey görünmez, hiçbir ağız dışı aygıtı gerek yoktur.
- Rapid expansion daha iyi maksiller protraksiyon için midpalatal süturu açar.
- Ankraj stabil ve güvenilirdir.
- Kaninler sürmeden önce uygulama yapılabilir.
- Yerleştirme miniplaklardan daha kolaydır ve ucuzdur.

- Ortodontik diş hareketleri için üst ve alt kemerler tamamen erişilebilir kalır. Hybrid Hyrax ve Mentoplate'in bu kombinasyonu Sınıf III maloklüzyonlu hastaların erken tedavisinde umut verici bir yaklaşım sunmaktadır.

Literatür verileri genel olarak değerlendirildiğinde maksiller ilerletmede iskeletsel destekli uygulamalar daha üstün gibi görünmektedir. Ancak bu uygulamalarla ilgili yeterli sayıda çalışma mevcut değildir.

2.6. Mekanikte Bazı Temel Kavramlar

2.6.1. Kuvvet

Kuvvet, cisimleri hareket ettirebilen, hareketli cisimleri durdurabilen veya şeklini değiştirebilen, cisimlerde şekil değişikliği yapabilen etki olarak tanımlanmaktadır.

Bir cisme, etkiyen kuvvetler iç ve dış kuvvetler şeklinde ayrılabilir. Dış kuvvet başka cisimler tarafından iletilen kuvvettir. İç kuvvetler ise cisimi oluşturan iç parçalar arasındaki etkileşimdir. Mühendislikte cisimler bütün olarak incelenirken küçük yapı taşları birbirinden bağımsız olarak değerlendirilir ve etkiler ona göre hesaplanır. Ortodontik açıdan değerlendirildiğinde bir bütün olan çene yüz sistemi, dişler, PDL, spongioz-kortikal kemik, süturalar, yumuşak doku gibi farklı yapılardan meydana gelmektedir. Kuvvet uygulandığında bu yapılar arasındaki iç kuvvetler sayesinde birbirine aktarılmaktadır (86).

Kuvvet birimi “newton” (N)’ dur. Ortodontide kuvvet miktarı genel olarak gram kuvvet (gf) birimiyle kullanılır ama gram (g) olarak ifade edilir. 1 newton 101,97 gf e denk gelmektedir(69).

2.6.2. Gerilme (Stress)

Bir cisme kuvvet uygulandığında kuvvetin cismin her yerine küçük birimler şeklinde dağıldığı düşünülmektedir. Bu birim alandaki kuvvet şiddetine gerilme denilmektedir. Genellikle pascal (Pa= 1 N/m²) ile ölçülürken diş hekimliği uygulamaları küçük alanda olduğu için MPa = 1 N/mm² (Megapascal) olarak ifade edilir (87). (1 MPa =106 Pa).

Bir cisme farklı doğrultularda kuvvet uygulandığında yapıda tek bir gerilme değil karmaşık gerilmeler olur. Kuvvetin bileşenlerine göre farklı gerilmeler meydana gelebilmektedir. Genel olarak üç gerilme tipi vardır. Bunlar normal gerilme olarak

nitelendirilen basma ve çekme gerilmeleri ile kayma-makaslama gerilmeleridir (71). Farklı açı veya doğrultudan uygulanan kuvvetler çoğu zaman yapıda karmaşık gerilmeler oluşturabilir.

2.6.2.1. Basma Gerilmesi (Compressive stress)

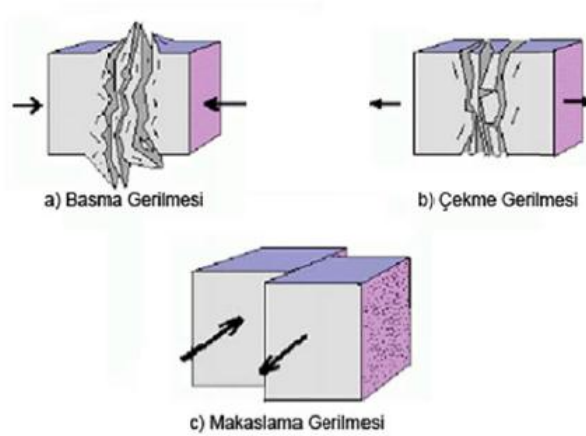
Cismin moleküllerini birbirine yaklaştırmaya çalışan aynı doğrultuda ve ters yönde iki kuvvet uygulandığında cismin iç yapısında buna karşı koyan iç kuvvetler basma gerilmesi olarak adlandırılır.

2.6.2.2. Çekme gerilmesi (Tensile stress)

Cismin moleküllerini birbirinden ayırmaya çalışan, aynı doğrultuda fakat ters yönde iki kuvvet uygulandığında cismin iç yapısında meydana gelen gerilme tipidir.

2.6.2.3. Makaslama gerilmesi (Shear stress)

Farklı seviyelerden uygulanan kuvvetlerin çevirme hareketine karşı oluşan ya da bir kütleli diğerinin üzerinden kaydırmaya karşı oluşan gerilmeye makaslama gerilmesi denilmektedir (71).



Şekil 2.1: Gerilme Tipleri (88)

2.6.3. Asal Gerilme (Principal Stress)

Tüm gerilmeler alana dik olan normal gerilmelerden oluşuyorsa (basma ve çekme gerilmeleri), makaslama gerilmeleri sıfırsa bu durumda oluşan gerilmeye asal gerilme denilmektedir. Asal gerilme; maksimum asal gerilme, ara asal gerilme ve minimum asal gerilme olmak üzere üçe ayrılır. Ama genelde cisimlerde üç tip gerilme bir arada bulunur ve birleşik gerilme durumu söz konusudur (89).

Bir yapıya gelen stresler hesaplandığında, artı değerler maksimum asal değerleri ifade eder ve çekme streslerini göstermektedir, eksi değerler ise minimum asal gerilmeleri ifade eder ve sıkışma streslerini göstermektedir. Mutlak değer olarak hangisi daha büyükse, o eleman büyük olan gerilme tipinin etkisi altındadır. Asal gerilmelerin diş ve kemik gibi kırılğan yapıların stresleri değerlendirilirken göz önünde bulundurulması gerekir (90).

2.6.4. Von Mises Gerilmesi (Von Mises Stress)

Kırılğan bir materyale kuvvet uygulandığında oluşan stres en yüksek basma değerini ya da en yüksek çekme değerini aşarsa materyalde kalıcı deformasyon meydana gelmektedir (91). Von Mises gerilmesi enerji prensiplerine dayanır. Buna göre, bir yapının belirli bir kısmında iç enerji belirli bir değerin üzerine çıkarsa, yapıda bu noktada şekil değişimi oluşacaktır.

Von Mises gerilmesi, iki veya üç boyutta oluşan asal gerilmeleri birleştirerek, tek yönde yüklenen materyalin çekme dayanıklılığını verir. Von Mises gerilmesi, cisimlerin kırılma dayanıklılığının tespitinde de kullanılmaktadır. Gerilme genel olarak üç boyutlu olarak ifade edilir. Von Mises gerilmesi üç boyutlu olan gerilmeleri, gerilme kriterini değerlendirebilmek için, skala üzerinde okunabilen tek bir pozitif sayı haline dönüştürmeyi sağlar (92).

2.6.5. Gerinim (Strain)

Gerilme, büyüklüğü ve yönü olan bir kuvvet iken; gerinim bir büyüklüktür ve deformasyonun orijinal uzunluğa oranı olarak tanımlanmaktadır (46, 66, 117-119).

Her tip stres, yapıda deformasyon oluşturabilir. Cisimler üzerine kuvvet etki ettiğinde şekil değiştirme (deformasyon) gösterir. Çekme kuvvetinde meydana gelen şekil

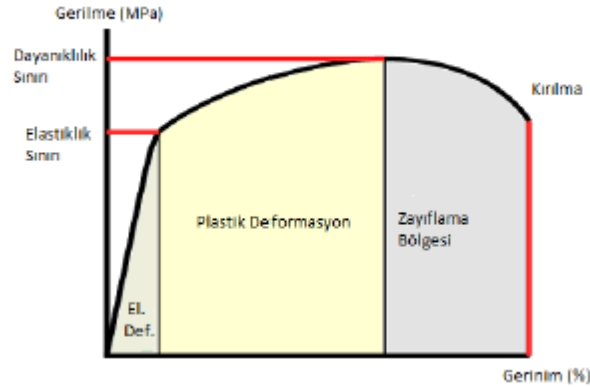
değişimi uzama şeklindeyken, basma kuvvetinde meydana gelen değişim kuvvetin uygulandığı yönde kısalma şeklindedir. Makaslama kuvvetinde ise göreceli olarak cismin parçasında açisal değişim olmaktadır (91). Gerinim, bir cisme belirli bir kuvvet uygulandığında o yapı içerisinde birim boyutta oluşan şekil değişikliğidir. Gerilme birim alana düşen kuvveti tanımlarken, gerinim bir büyüklüktür ve deformasyonun orijinal uzunluğa olan oranıdır (91).

Cisimlerde kuvvet uygulama sonucunda iki türlü şekil değiştirme olmaktadır:

- **Elastik şekil değiştirme:** Cisme uygulanan kuvvet ortadan kaldırıldıktan sonra cismin tekrar başlangıç durumuna dönmesidir.
- **Plastik şekil değiştirme:** Cisme uygulanan kuvvet ortadan kalktıktan sonra cismin tekrar başlangıç durumuna dönememesidir.

2.6.6. Gerilme-Gerinim Eğrisi (Stres-Strain Curve)

Materyallerin davranışlarını saptamada kullanılır. Alınan gerilme ve gerinim değerlerine göre bir eğri elde edilir.



Şekil 2.2: Gerilme-Gerinim Eğrisi (88)

2.6.7. Elastiklik Sınırı

Cismin plastik deformasyon göstermeden dayanabildiği maksimum gerilme elastiklik sınırıdır (93).

2.6.8. Elastisite Modülü (Young modülü)

Elastisite modülü gerilme/birim şekil değişimi oranıdır. Diğer adı “Young Modülü” dür. Maddelerin ayırt edici özelliklerindedir.

Katı cisimlerin iç direnci yüksektir bu nedenle young modülü de yüksektir. Örneğin kompakt kemiğin young modülü yumuşak dokunun 6700 katıdır (93).

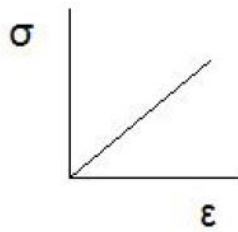
2.6.9. Poisson Oranı (Poisson's Ratio)

Bir cisme çekme veya basma kuvvetleri uygulandığında cisimde plastik deformasyon başlamadığı süreçte, cismin eninde ve boyunda değişimler meydana gelmektedir. Poisson oranı, cismin birim boyutta eninde meydana gelen değişimin boyda meydana gelen değişime oranıdır. Örneğin; bir cisme çekme kuvveti uygulandığında kuvvet yönünde cisimde bir uzama meydana gelirken, kuvvete dik yönde boy kısalması olur.

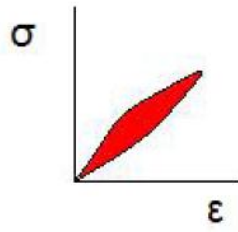
Poisson Oranı = Endeki Birim Boyut Değişimi / Boydaki Birim Boyut Değişimi

2.6.10. Elastiklik – Viskoelastiklik

Elastik materyallere, plastik deformasyona uğratmadan kuvvet uygulandığında şekil değiştirirler fakat kuvvet ortadan kaldırıldığında gecikme olmaksızın tekrar eski halini alır. Viskoelastik materyallerdeyse zamana bağlı artan miktarda şekil değiştirme olur ve kuvvet ortadan kaldırıldığında gecikmeli olarak eski halini alırlar (94).



a) Elastik davranış



b) Viskoelastik davranış

σ : Gerilme ϵ : Gerinim

Şekil 2.3: Elastik ve Viskoelastik Materyallerin Gerilme-Gerinim eğrileri (88)

2. Holografik interferometre analiz yöntemi (Lazer ışıklı kuvvet analiz yöntemi)
3. Fotoelastik analiz yöntemi
4. Kırılma vernikle kaplama yöntemi
5. Sonlu elemanlar stres analiz yöntemi

2.7. Sonlu Elemanlar Yöntemi

İlk olarak mühendislikte statik yüklemelerin hesaplanmasında kullanılan sonlu elemanlar yöntemi zamanla diş hekimliğinde biyomekanik etkileri değerlendirmek amacıyla da kullanılmaya başlanmıştır. Sonlu elemanlar analiziyle materyal özellikleri ve yükleme koşulları homojen olmayan kompleks yapılar basit geometride sınırlı sayıda elemanlara indirgenerek yaklaşık çözümler sağlanmaktadır (98).

Sonlu elemanlar analizinde temel hedef kuvvet uygulanan bir yapıdaki stres ve sapmaları yaklaşık olarak hesaplamaktır (99).

Sonlu elemanlar stres analizi yöntemi biyolojik yapının modellenmesi, çözülmesi ve modelin doğruluğunun tespit edilerek yorumlanması şeklinde üç temel aşamadan oluşmaktadır (99, 100).

Modelleme aşamasında, analizi yapılmak istenen modele ait veriler toplanarak bilgisayar ortamında yapıya ait materyal bilgileri, farzedilen geometrisi, ağ yapısı (mesh generation), yükleme ve sınır koşulları oluşturulmaktadır (99, 100).

Bilgisayar destekli tasarım (computer aided design - CAD) programları sayesinde, analiz edilmesi istenilen yapının geometrik modeli bilgisayar ortamına aktarılmaktadır; fakat bu programlar cismin sadece dış morfolojisine bağlı geometrik modelini oluşturmaktadır. Bu modelin, yapının mekanik davranışını belirlemede iç yapısının önemi gözönüne alındığında, uygulanan kuvvet sonucu oluşacak streslerin dağılımında yetersiz kalacağı ve çözümlenmeyi sınırlandıracağı saptanmıştır (98). Bu sorun, analizi yapılması planlanan biyolojik yapıya ait geometrilerin, bilgisayara veri olarak en üst düzeyde girilmesiyle çözülebilir (98).

Bilgisayar ortamına aktarılan bu geometrik modellerin her biri, eleman (element) adı verilen sınırlı sayıdaki basit şekilli parçalara indirgenir. Elemanlar düğüm (node) noktaları olarak adlandırılan özelleşmiş bölgelerde birbirleriyle birleşir. Bu işleme ise 'ağ yapısının oluşturulması (meshing)' denir (98).

Bilgisayara veriler girilerek elde edilen geometrik modeller elle çizim (manually digitized) yapılarak veya sonlu elemanlar (finite element) bilgisayar programları (software) kullanılarak ağ yapısına dönüştürülmektedir. Araştırmacılar elle ağ yapısı oluşturmanın daha kontrollü olduğunu belirtmekle birlikte çok uzun zaman gerektirmesi nedeniyle dijital olarak oluşturmayı tercih etmektedirler (98).

Araştırılacak problemin karakteristiğine göre oluşturulacak olan ağ yapısında farklı sayı ve tipte elemanlar kullanılmaktadır (98). Temsil edilmek istenilen ana yapının gerçeğe en yakın olabilmesi için olabildiğince küçük elemanlar kullanmak gerekmektedir, bu da çözümlenmesi gereken denklem sayısını çok artırmaktadır.

Biyolojik gerçekten çok uzak kalması nedeniyle bir ve iki düğümlü eleman tipleri çok nadir kullanılmaktadır. Günümüzde daha çok dört, beş, altı ve sekiz düğümlü elemanlar kullanılmaktadır. Eleman sayısının ve tipinin kompleksleşmesi modeli gerçeğe yaklaştırmasına karşın denklemi zorlaştırmaktadır, bu nedenle daha yüksek mühendislik bilgisi ve tecrübesi gerektirmektedir (98).

Ağ yapısını oluşturmada kullanılan eleman çeşidindeki değişimler stresin değerlendirildiği düğüm sayılarında önemli düzeyde artışa sebep olmaktadır. Bu artış daha fazla bilgisayar hafızası, daha fazla çalışma süresi ve emek gerektirmektedir. Bu problemin üstesinden gelebilmek için yazarlar daha çok modelin karmaşık yapıdaki ve olası stres birikim yerlerinde daha ayrıntılı modelleme yaparak bu bölgede daha çok sayıda eleman kullanmışlardır. Bu sayede en yüksek düzeyde doğruluk elde edilmektedir (98).

Ağ yapısını meydana getiren eleman sayılarını ve tiplerini belirledikten sonraki aşama bu elemanların mekanik özellikleri ve yükleme koşullarını belirlemektir (98, 101).

Sonlu elemanlar stres analizi yönteminde en önemli özelliklerinden bir tanesi de, taklit edilen yapıya ait elastik özellikleri modele aktarmaktır. Bu aktarımda ağ yapısındaki elemanların elastik modülü ve poisson oranlarının tanımlanması çok büyük önem taşımaktadır (102). Bu elastik özellikler sayesinde ağ yapısındaki elemanlarda gerilme ve gerininin nasıl olacağı belirlenebilmektedir (100).

Biyolojik yapının materyal özellikleri ve yükleme koşulları belirlendikten sonra gerilme ve gerinim analizleri yapılması için dengeli bir model gerekmektedir. Uzay boşluğundaki bir modele kuvvet uygulandığı zaman dayanak noktası olmadığında sonsuz olarak elastik özellikler etkilenmeden hareket edecektir. Yani bu kurgulanan problem sonsuz sayıda analitik çözüme sahip olacaktır. Bu nedenle modele sınırlamalar

(boundary constraints) getirerek bir dayanak noktası oluşturulmalıdır. Bu sayede problemin tek bir çözümü olacaktır (98, 100). Model üzerinde tanımlanan sınırlamalar (destek noktaları, kuvvet uygulama noktaları vb.) düğüm noktalarındaki stres dağılımını etkileyebileceğinden incelenilen bölgenin uzağına yerleştirilmelidir (103).

Bu özelliklerin tanımlanmasından sonra model üzerine yükleme yapılmasıyla elemanlar üzerinde oluşacak gerilme ve gerinimler analitik denklemlerle hesaplanmaktadır. Bu analitik denklemlerin çözülmesi sonucu oluşturulan veriler bilgisayar ortamında depolanarak grafik ve tabloların oluşturulmasında kullanılmaktadır (98, 103).

Analiz aşamasında, oluşturulmuş olan modelde kuvvet uygulanması sonucu, düğüm noktalarındaki yer değiştirmeler ve elemanlarda biriken dolayısıyla modelin tümünde biriken gerilme ve gerinme değerleri belirlenmektedir (95).

Yer degistirme görüntüleri animasyonlar ve gerilme değerlerini gösteren renklendirilmiş görüntüler olarak elde edilebilmektedir (95).

Sonlu elemanlar analizi yöntemi sayesinde düzgün ve homojen şekilli olmayan geometrik yapılar gerçeğe çok yakın bir şekilde modellenebilmekte, farklı yüzeyler arasındaki temaslar gerçeğe en yakın biçimde taklit edilebilmekte, gerilme, gerinim ve yer değiştirmeler duyarlı bir şekilde belirlenebilmektedir (104). Bu avantajların yanında malzeme özelliklerinin ve sınır koşullarının tanımlanmasının araştırmacıya bağlı olması, çok yüksek düzeyde bilgi birikim ve zaman gerektirmesi ve bilgisayar donanımı ve sonlu elemanlar programının kapasitesine mahkum olması gibi dezavantajları da bulunmaktadır (104).

Bütün dezavantajlarına rağmen sonlu elemanlar analiz yöntemi gelişen teknolojiyle birlikte deneysel olarak analizinin gerçekleştirilmesi çok güç veya olanaksız olan birçok yapının davranışlarının belirlenmesinde önemli bir yöntemdir (104).

2.8. Lineer ve Nonlineer Analizler

Gerilme-gerinim eğrisinde elastiklik sınırına kadar doğrusal bir ilişki gösteren yapıların analizinde lineer analizler kullanılabilirken, homojen yapı göstermeyen viskoelastik yapıdaki biyolojik sistemlerin analizinde nonliner analizler tercih edilmektedir (105).

Nonlineerlik 3 grup altında toplanabilir:

a- Materyal nonlineerliği: Materyal nonlineerliğinde, kuvvetin uygulanma noktası çevre şartları yapının dayanıklılığında değişime sebep olmaktadır. Ağız içi yumuşak dokular,

periodontal dokular, sturalar ve artiküler disk yapılar bu yolla gerçeğe en yakın Şekilde modellenebilmektedir (105).

b- Objeler arası iliŐkilerinin deĖiŐimine bağlı nonlinearlik: AĞız içinde diş - diş arası, diş PDL ve materyal doku arası kontakt noktalarında görülmektedir (102,174). Değişen geometrik konfigürasyonlar materyalin nonlinear davranmasına neden olabilir.

c- Geometrik nonlinearlik: Ark telleri gibi zamanla deformasyon gösteren materyallerde görünmektedir(105).

Nonlinear analizler, viskoelastik yapıdaki biyolojik dokuların modellenmesinde güçlü bir yaklaşım halini almıŐtır (105).

2.9. Ortodontide Sonlu Elemanlar Stres Analizi

Mühendislikte kullanılmaya baŐlanan stres analizi yöntemini diş hekimliğinde ilk kullanan Farah'tır (106). Bu çalışmadan sonraki süreçte diş hekimliğinde ağız, diş ve çene cerrahisi, protetik diş tedavisi, implantoloji ve ortodonti alanlarında geniŐ kullanım alanı bulmuŐtur(96).

Ortodontide sonlu elemanlar stres analizi yöntemiyle ortodontik kuvvetlerin dişler, PDL'ler ve alveol kemikte neden oldukları gerilmeler, çeşitli ortodontik apareylerin biyomekanik etkileri, farklı ortopedik kuvvet uygulayan apareylerin kraniyofasiyel sistem üzerindeki biyomekanik etkileri, RME ile elde edilen biyomekanik etkiler, ankraj için kullanılan minividaların etrafında oluşan stresler deĖerlendirilmiŐtir (102, 105, 107-109).

Jeon, Reimann ve Cattaneo (110-112), farklı ortodontik kuvvet uygulamalarının diş hareketine olan etkilerini sonlu elemanlar stres analizi yöntemiyle incelemişlerdir (110-112).

Tanne ve ark. (113), yetişkin ve büyüme dönemindeki bireyleri karŐılaŐtırdıĖı çalışmalarında ortodontik kuvvetle dişlerde, periodonsiyumda ve alveol kemiklerde oluşan biyomekanik etkilerinde sonlu elemanlar analizini kullanmıştır.

Rudolph ve Oyama (114, 115) kuvvet uygulaması sonucunda kök yüzeyinde oluşan streslerden yola çıkararak olası rezorbsiyon alanlarının izini sonlu elemanlar analiziyle sürmüŐlerdir.

Bazı araştırmacılar ortopedik kuvvet uygulaması sonucunda temporomandibular eklem üzerinde oluşabilecek gerilim ve gerinimin in vitro olarak sonlu elemanlar stres analizi yöntemiyle mümkün olabileceğini söylemiŐlerdir (116, 117).

Tanne ve ark. maksillaya uygulanan protraksiyon kuvvetlerinin çene burun kompleksinde ve süturlarda meydana getireceği cevapları ilk kez sonlu elemanlar yöntemiyle incelemişlerdir (118, 119).

Holberg ve ark. (120), üst çeneye uygulanan protraksiyon kuvvetinin kafa kaidesinde ve maksillanın çevresindeki süturalarda oluşturduğu gerilmeleri hesaplayarak, istenilen iskeletsel etkinin elde edilip edilmediğini değerlendirmişlerdir.

Holberg (121) başka bir çalışmasında RME sonrasında süturlarda meydana gelen değişimi sonlu elemanlar stres analizi yöntemiyle erişkin ve büyüme dönemindeki bireylerde değerlendirmiştir.

Yu ve ark (122) maksiller protraksiyon sırasında midpalatal süturun açılmasının sirkümmaksiller süturlarda oluşturduğu gerilimi ve yer değiştirmeleri hesaplamışlardır.

Katada ve Isshiki (123), üst çene kemiğine FM ve boyunluk ile ortopedik kuvvet uygulanması sonucu sefalometrik referans noktalarında meydana gelen yer değiştirmeleri ilk olarak sonlu elemanlar yöntemiyle hesaplamışlardır.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışmayla, maksiller retrüzyona sahip Sınıf III hastaların tedavisinde kullanılan, maksillaya yönelik protraksiyon kuvveti uygulayan iki farklı iskeletsel ilerletme tekniğinin (kemik destekli maksiller protraksiyon ve hibrid hyrax/mentoplate kombinasyonu yöntemleri) etkilerinin incelenmesi ve bu iki tekniğin FM+RME tedavisiyle karşılaştırılması amaçlandı. Bu amaçla kafatası, maksilla ve mandibula, dişler, PDL, temporamandibular eklem (TME) üç boyutlu olarak modellenerek sonlu elemanlar analizi yöntemiyle simülasyonlar yapıldı. Böylece hangi ilerletme prosedürün daha etkili olduğuna dair bilgiler elde edilerek, literatürde çeşitli görüşlerin yer aldığı tam bir netliği bulunmayan bu konuya netlik kazandırılması hedeflendi.

3.1. Modelleme İçin Kullanılan Gereçler

Çalışmamız için daha öncesinde Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim dalında tedavisi yapılmış olan maksiller retrüzyona ve Sınıf III maloklüzyona sahip genç adölesan (10 yaş) hastaya ait bilgisayarlı tomografiden (BT) 0,625 mm kesit kalınlığı ile Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) formatında alınan görüntüler Materialise's Interactive Medical Image Control System (MIMICS) kullanılarak işlendi ve hastaya özel üç boyutlu (3B) model elde edildi. 3B modeli elde etmek için aşağıda gösterilen adımlar sırasıyla takip edildi.

Üç boyutlu ağ yapısının düzenlenmesi ve daha homojen hale getirilmesi, üç boyutlu katı modelin oluşturulması için MSI marka, Intel Core İ5 işlemcili, yüklü belleği 14 GB, 64 bit işletim sistemine sahip bilgisayar kullanıldı. Yüz maskesi, Almanya menşeli, Steinbichler Comet 5 4MP sistemi ile Fringle projection yöntemi kullanılarak tarandı ve sonlu elemanlar analizi için bilgisayara aktarıldı. Bu yöntem optik beyaz ışık tarama sistemidir ve ölçüm hassasiyeti $\pm 0,02$ mm dir. Tarama, cihazın kendi yazılımı olan Comet Software yazılımında oluşturuldu. Amerika Birleşik Devletleri menşeli Altair Hypermesh yazılımı ile tüm bileşenler birbiri ile uyumlu hale getirildi ve 1301 Atwood Ave, Suite 101W Johnston, RI 02919 Amerika Birleşik Devletleri menşeli Dassault Sytemes Abaqus 6.14 analiz programından yararlanıldı.



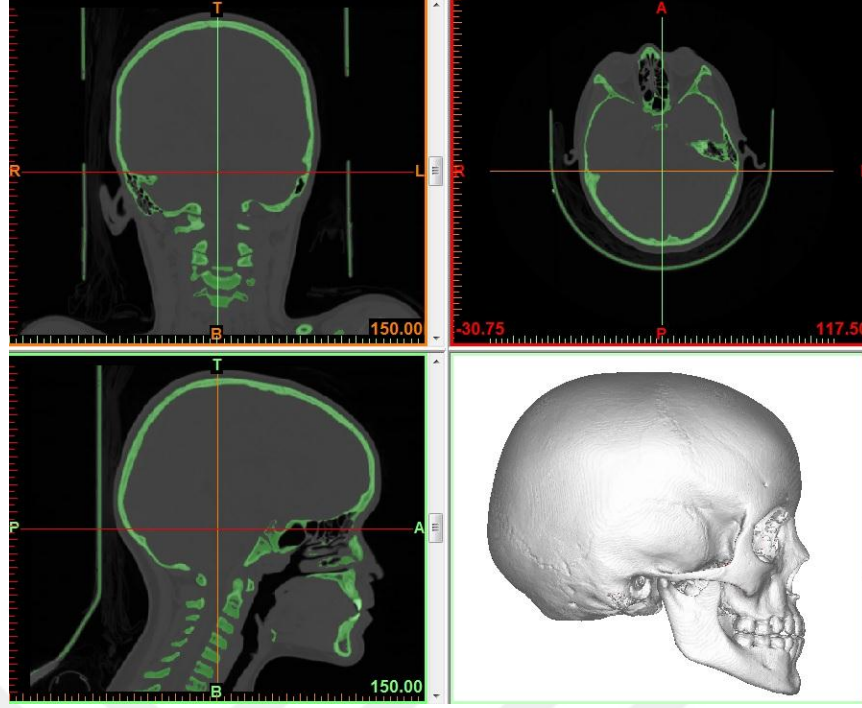
Resim 3.1: Steinbichler Comet Optik Tarayıcı ve Üç Boyutlu Tarama Cihazı

3.2. Modelleme

Kemik dokularının modellenmesi için, Konik Hüzme Işınlı Tomografide daha önceden taranmış olan kafatası kullanıldı. Taramada 140 kilovolt peak (KVp), 590 miliamper (mA) 'de 14 saniyelik tarama ile 377 kesit elde edildi. Daha sonra hacimsel veri 0,625 mm kesit kalınlığı ile rekonstrükte edildi. Rekonstrüksiyon sonucunda elde edilen kesitler, DICOM 3,0 formatında aktarıldı. Aktarılan kesitler MIMICS yazılımına alındı ve hastanın kafatasına ait üç boyutlu yüzey ağ yapısı oluşturuldu.

Materialise's Interactive Medical Image Control System yazılımı magnetik rezonans ve bilgisayarlı tomografi de olmak üzere pek çok görüntüleme yöntemi ile elde edilen görüntülerin, bilgisayar ortamında yeniden oluşturulabildiği bir yazılımdır (124). Yazılım ile yeniden oluşturulan görüntüler üzerinde sadeleştirme ve yeniden biçimlendirme gibi değişiklikler yapılabilmektedir.

Oluşturulan yüzey ağ yapısında modelde uygun olmayan yapılar (ağızdaki metallere dolaylı oluşan artefaktlar birbirinden bağımsız uçsuz ya da sivri kemik yapılarına ait parçalar, modeldeki eleman sayısının ve analiz sürelerinin artmasına sebep olacak yapılar) ayrıştırılarak, çalışılacak ana model elde edildi.



Maske
Oluşturma

Ayrıştırma
(Segmente)

El ile
işleme

Hastaya özel
3B kemik
modeli

Şekil 3.1: Kemik Dokunun MİMİCS Yazılımında Ayrıştırılma İşlemi

İstenilen fizyolojik bölgenin görüntüsünü işleyebilmek için, BT görüntü katmanları üzerinde renkli maske oluşturulup, o bölgenin ayrıştırılması (segmente) gerekir. Maske oluşturma işlemleri, maske eşikleme (thresholding) komutu kullanılarak yapılır. Belirli Hounsfield Units (HU) değerleri aralığında kalan tüm piksellere renk atmasına eşikleme denir (124). HU değerleri; doku çeşidine veya bireyin yetişkin olup olmama durumuna göre farklı limit değerleri ile tanımlanmıştır. Düşük eşikleme değerleri ile yumuşak dokular (bağ, damar vb.), yüksek eşikleme değerleri ile yoğun kemikler (diş, kortikal kemik vb.) maskelenebilir.

DOKU	ALT HU DEĞERİ	ÜST HU DEĞERİ
Kompakt kemik	226	3071
Diş	1200	3071

Şekil 3.2: HU Değerleri (124)

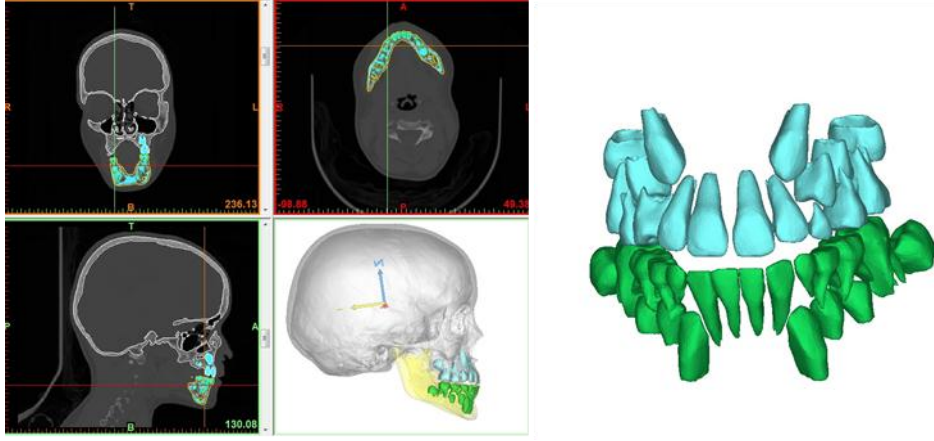
3.3. HU Değeri Seçme ve Model Oluşturma

Yazılıma aktarılan DICOM veriler koronal, sagittal ve aksiyal kesitler olarak görüntüledi, kemiğin thresholding değerleri (226-3071), seçilerek görüntü yapılandırıldı.

3.4. Segmentasyon

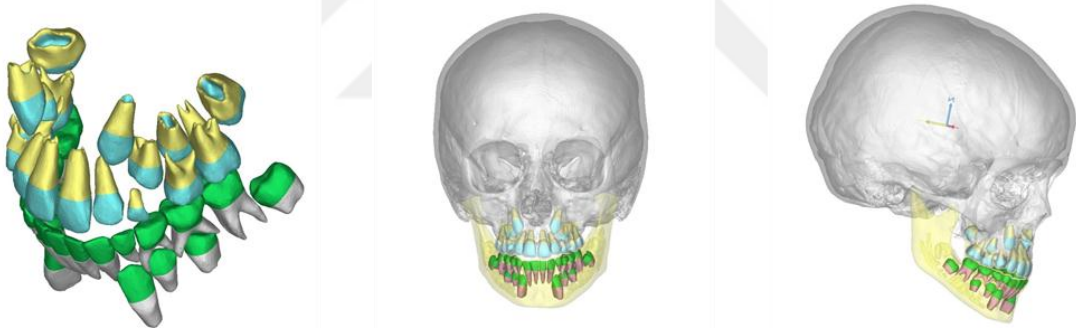
Oluşturulmuş 3B model üzerinde uçuşan parçalar ve yansımalar temizlenerek mandibula maksilladan ayrıldı.

Dişler 1200'e 3071 (HU) thresholding değerleri seçilerek yapılandırıldı. Koronal, sagittal ve aksiyel görüntülerden dişlerin anatomik sınırlarına göre segmente edildi ve dişler 3B olarak yapılandırıldı. Daha sonra dişler üzerindeki artefaklar temizlendi ve her bir diş diğerinden ayrılarak tüm dişler tekrar yapılandırıldı.



Şekil 3.3: Model Oluşturma

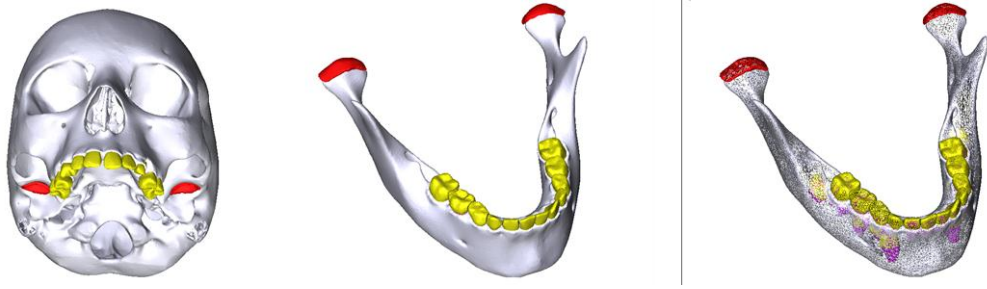
Periodontal ligament yapılandırılırken tüm kaynaklarda kalınlık olarak verilen 0,25-0,30 mm kalınlığı baz alınarak 3B dizaynı yapıldı. Öncelikle dişlere tüm bölgelerde 0,30 mm kalınlık (125) verildi daha sonra bu 3B modelden dişlerin orijinal hali çıkartılarak PDL elde edildi. Daha sonra kole bölgelerinden tek tek sınırlarına göre kesilerek tüm dişlerin PDL yapıları elde edildi.



Şekil 3.4: Segmentasyon

Ham BT görüntüleri üzerinde HU değeri -1024, 315 olarak ayarlandı ve kondil başı ile glenoid fossanın bu şekilde nokta bulutu oluşturularak TME modeli kabaca elde edildi. Daha sonra koronal, aksiyel ve sagittal kesitlere göre kontrolleri yapılarak ve kesi hatları belirlenerek olması gereken TME modeli elde edildi. Kondil başı ve glenoid fossanın olduğu bölgeler boolean işlemi ile çıkartılarak tam sınır anatomileri ile örtüşen TME modeli elde edilmiş oldu. Boolean işlemi bir yapı modellenirken komşu yapıya yapılan ekten bu fazlalığın çıkarılması ve bu farkın yeni bir kısım olarak tanımlanması işlemidir. Burada kondil başına ve glenoid fossanın kondile komşu olan kısmına

artiküler disk kadar kalınlık verilip bu kalınlık daha sonra bu yapılardan çıkarılarak artiküler disk tanımlandı.

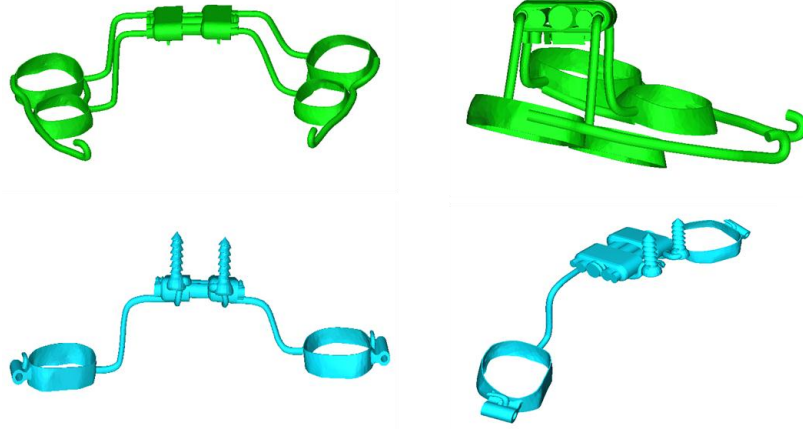


Şekil 3.5: TME Modellemesi

Yapılandırılan ve ayrı ayrı segmente edilen tüm anatomik bölümler Stereolithography (stl) dosyasına dönüştürüldü. Analiz modeli için tüm parçalar hazır hale getirildi.

3.5. Hibrid Hyrax Genişleticinin Modellenmesi

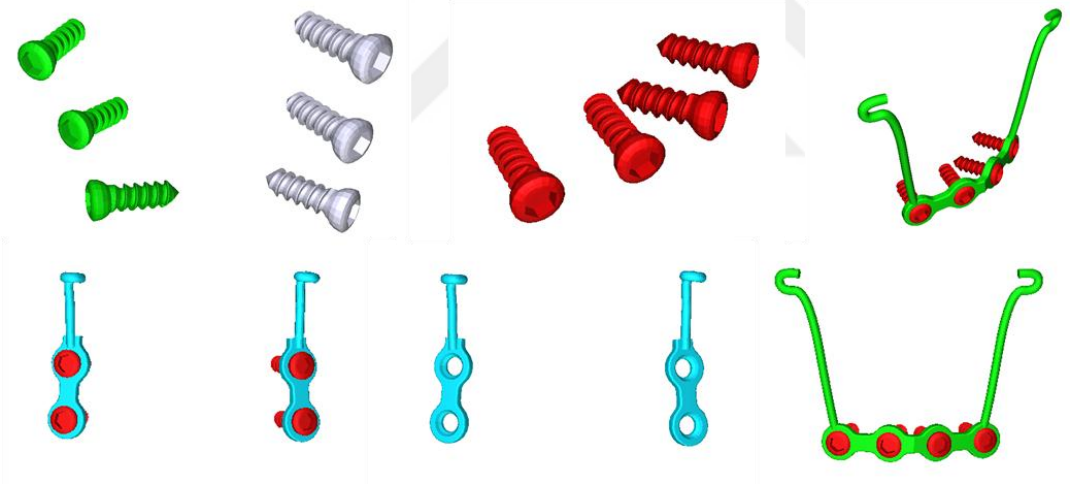
Forestadent Snap Lock Expansion vidası tasarımda kullanıldı. Fransız Dassault Systèmes şirketi tarafından üretilen Bilgisayar Destekli Üç Boyutlu Interaktif Uygulama (Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application-CATIA) kullanılarak profesyonel CAD/CAM tabanlı yazılımda çizim yapıldı. Dişlere 0,20 mm kalınlık verilerek yeni bir diş modeli yaratıldı ve standart molar bant genişliğinde okluzal düzleme paralel olarak kesilerek normal dişlerden boolean işlemi ile molar bantlar dizayn edildi. Daha sonra molar bantlar ve hibrid hyrax genişleticinin 0,045 inçlik kolları merge (birleştirme) işlemi ile birleştirilerek modele uygun konumlandırılıp hybrid hyrax genişletici modeli elde edildi.



Şekil 3.6: Hyraxların Modellenmesi

3.6. Vidaların ve Plakların Modellenmesi

Bilgisayar Destekli Üç Boyutlu Interaktif uygulama kullanılarak profesyonel CAD/CAM tabanlı yazılımda çizim yapıldı.



Şekil 3.7: Vidaların ve Plakların Modellenmesi

Tüm bileşenler Altair Hypermesh Yazılımı kullanılarak birbiri ile uyumlu hale getirildi ve Dassault Sytemes Abaqus 6.14 programıyla sonlu elemanlar analizi yapıldı.

Modeller, MIMICS yazılımı ile 3 boyutlu olarak oluşturulduktan sonra analize hazır hale getirilmeleri ve analizlerinin yapılması için, stl formatında Altair Hypermesh yazılımına aktarıldı. Stl formatı 3B modelleme programları için evrensel değer taşımaktadır. Stl formatında düğümlerin koordinat bilgilerinin de saklanması sayesinde

programlar arasında aktarım yapılırken bilgi kaybı olmamaktadır. Altair Hyperworks yazılımı ile tüm bileşenler birbiri ile uyumlu hale getirildikten sonra oluşturulan modelin diş yapılarının, kemiğin ve diğer bölgelerin hangi materyalden yapıldığını yazılıma tanıtmak gerekmektedir. Modelleri oluşturan yapıların herbirine, fiziksel özelliklerini tanımlayan materyal (elastiklik modülü ve poisson oranı) değerleri verildi.

Tablo 3.1: Materyal Özellikleri (125, 126)

Material	Young Modülü	Poisson Oranı
Kortikal Kemik	$1,37 \times 10^4$	0,30
Spongioz Kemik	33×10^3	0,30
Dişler	2.0×10^4	0,30
Periodontal Ligament	$2,07 \times 10^4$	0,30
Miniplak, vida, Molar band, Expendar kolları	$1,05 \times 10^5$	0,35

Sonlu elemanlar analizlerinin yapılabilmesi için modelin sabitlenmesi gerekmektedir. Bu sebeple modelin uygun yerlerindeki serbestlik dereceleri kısıtlanmalıdır. Tüm malzeme özellikleri ve serbestlik dereceleri atandıktan sonra ortaya çıkan sonlu elemanlar modeli çözümlenmesi için Dassault Sytemes Abaqus 6.14 yazılımına aktarıldı.

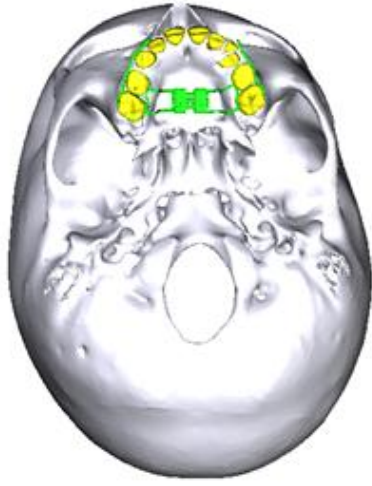
3.7. Sınır Koşullarının Tanımlanması ve Kuvvetlerin Uygulanması

Çalışmamızda, aynı temel model foramen magnumdan sabitlenerek 3 farklı yükleme kurgulandı ve çalışmamız üç model üzerinden yürütüldü.

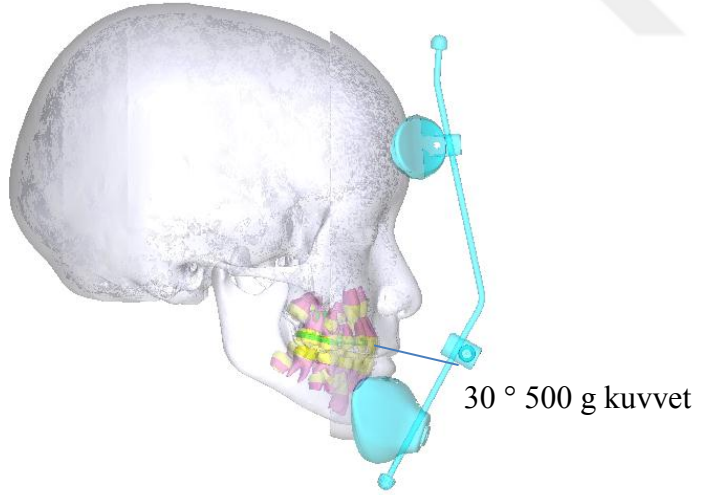
3.7.1. Tedavi 1 Modeli: RME+FM Uygulanmış Kafa Yüz Modeli

Model üzerinde maksiller süt ikinci molar ve birinci büyük azıdan destek alan hyrax vidası uygulandı. FM ile bukkalde kanin bölgesinden oklüzal düzlemle aşağı doğru 30°

açı yapacak şekilde her bir taraf için 500 g kuvvet verildi (127). Eş zamanlı olarak RME 0,25 mm aktive edildi (127).



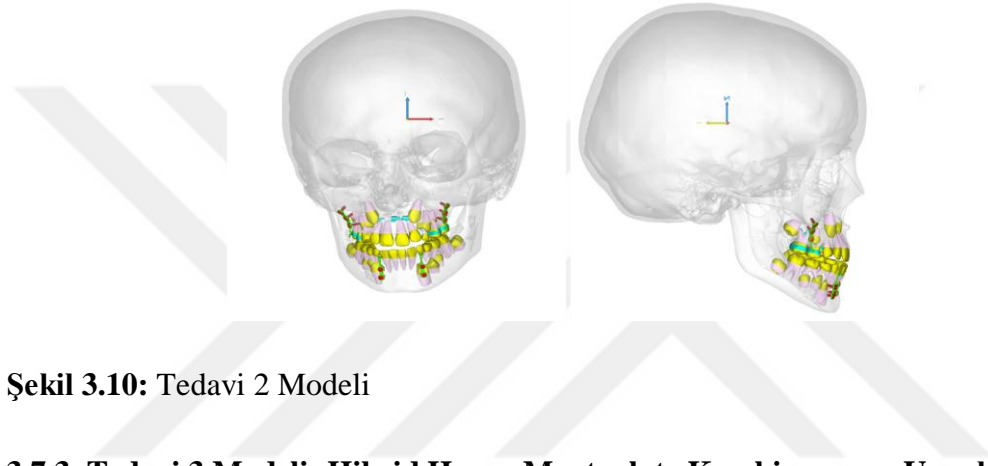
Şekil 3.8: RME ve FM'in Modele Uyumlanması



Şekil 3.9: Tedavi 1 Modeli

3.7.2. Tedavi 2 Modeli: Kemik Destekli Maksiller İlerletme (BAMP) Uygulanmış Kafa Yüz Modeli

Model üzerine ilk modelle aynı olacak şekilde daimi birinci molar ve süt ikinci molar dişten destek alan hyrax vida uygulandı. Maksillaya infrazigomatik krestlere, mandibulada lateral kesici dişlerle kanin dişleri arasına 4 adet plak yerleştirildi (128). Plaklar alt çenede 2, üst çenede 3 adet 2,3 mm çapında 5 mm uzunlukta vidalarla (128) kemiğe sabitlendi. Her bir taraf için 250 g (129) olacak şekilde kuvvet uygulandı. Eş zamanlı olarak RME 0,25 mm aktive edildi (127).

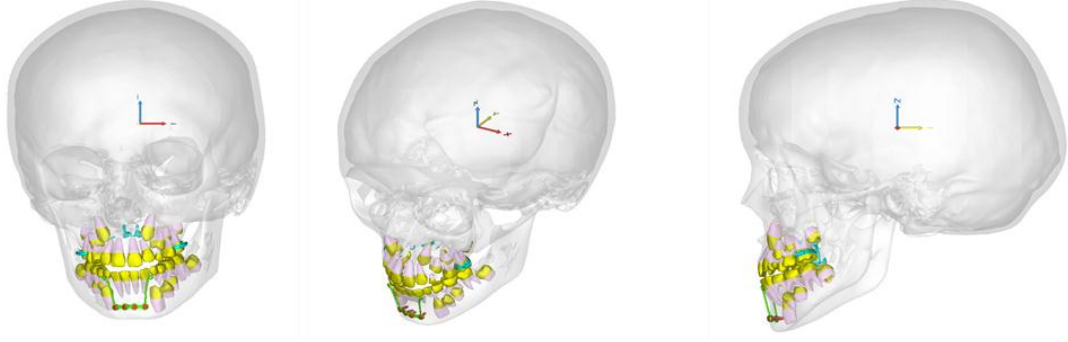


Şekil 3.10: Tedavi 2 Modeli

3.7.3. Tedavi 3 Modeli: Hibrid Hyrax Mentoplate Kombinasyonu Uygulanmış Kafa Yüz Modeli

Model üzerinde damağın anterioruna premolarlar hizasında median sütünun 2 mm yanlarında birbirine paralel olacak şekilde 2 mm eninde 9 mm uzunluğunda iki adet minivida yerleştirildi (21, 130). Hyrax bu iki vidaya ve 1.molar dişteki molar bandlara adapte edildi.

Alt çenede 1 adet miniplak keser dişlerin apikal bölgesine horizontal olacak şekilde 4 adet 2 mm genişlik 5 mm uzunlukta vidalarla (130) yerleştirildi. Mukogingival seviyede kanin lateral dişler arasından çentik uzatılarak ve üst molardan bu çentiklere 250 g (130) tek taraf için kuvvet uygulandı. RME 0,25 mm aktive edildi (127).



Şekil 3.11: Tedavi 3 Modeli



4. BULGULAR

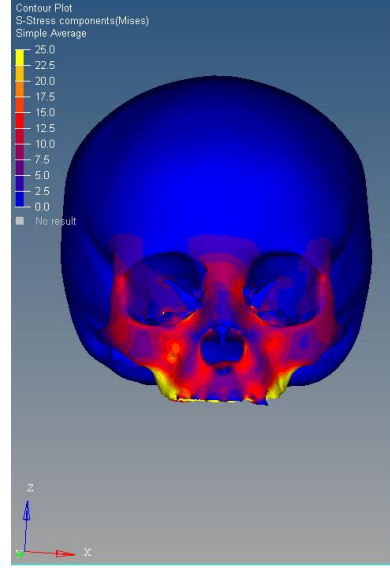
Çalışmamızda, 3 farklı maksiller protraksiyon yöntemi uygulanması sonucu, dişlerin PDL'lerinde, kortikal ve spongioz kemiklerde meydana gelen Pmin, Pmax ve von Mises gerilmeleri değerlendirildi. Ayrıca maksilla ve mandibulada uzayın 3 düzleminde meydana gelen hareketler (X eksen transversal düzlem, Y eksen sagittal düzlemi ve Z eksen de vertikal düzlemi temsil etmektedir) değerlendirildi.

Tüm ölçümlere ait sonuçlar, renklendirilmiş şekiller olarak verildi. Bu görüntülerde her renk sayısal bir değere karşılık gelmektedir. Hangi rengin hangi değere karşılık geldiği ise şeklin sol tarafında belirtildi. Çalışmamızda stresler MPa olarak deplasmanlar ise mm olarak belirtildi.

4.1. Tedavi 1 Modeline Ait Bulgular

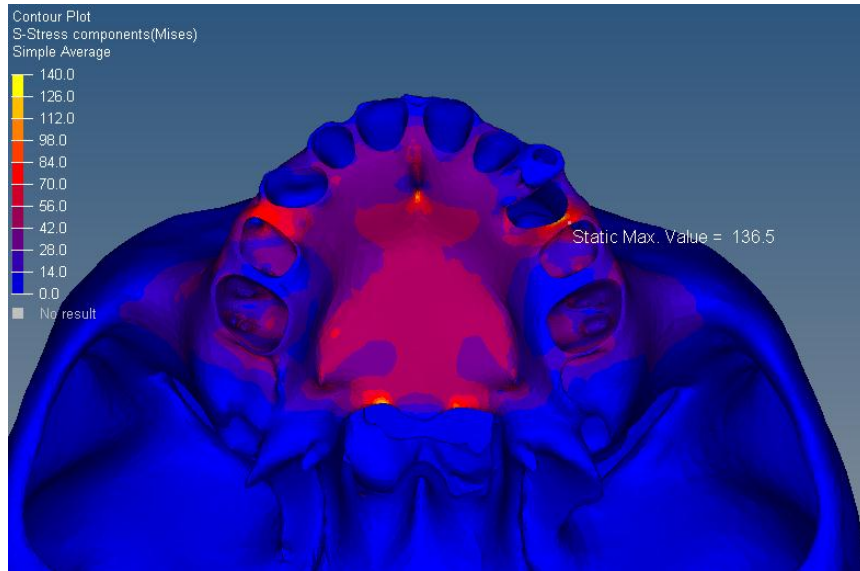
4.1.1. Kortikal Kemiğe Ait Bulgular:

Tedavi 1 modelinde yapılan analiz sonucu kortikal kemikte oluşan en yüksek von Mises gerilme değeri 136,5 MPa olarak sol süt ikinci molar dişin mezialinde bulunan maksiller kortikal kemikte ölçüldü. Von Mises gerilmesi özellikle FM'in uygulandığı bölgelerde (daimi birinci molardan kanin diş kadar olan bölgede) yoğunlaşıyordu. Burada ölçülen yüksek von Mises gerimesi yukarıda zygomatik ark ve glabellaya doğru azalarak devam edip frontal kemikte sonlanmaktaydı (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Tedavi 1 Kortikal von Mises Değerleri (Frontal)

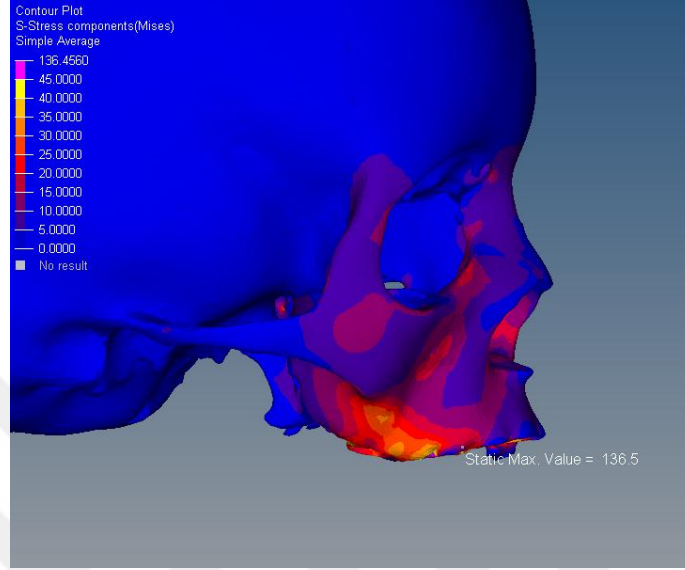
Model palatinalden incelendiğinde ön tarafta bulunan bandın lehimli olduğu süt ikinci molar dişlerin mezialinde von Mises gerilmelerinin yoğunlaştığı görülmektedir. Ayrıca maksillar kemiğin processus palatinus’unda sutura palatina media çevresinde kuvvet yoğunluğu dikkat çekmekteydi. Bu kuvvet süturdan maksiller dişlere doğru ilerledikçe azalıyordu (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: Tedavi 1 Kortikal von Mises Değerleri (Palatinal)

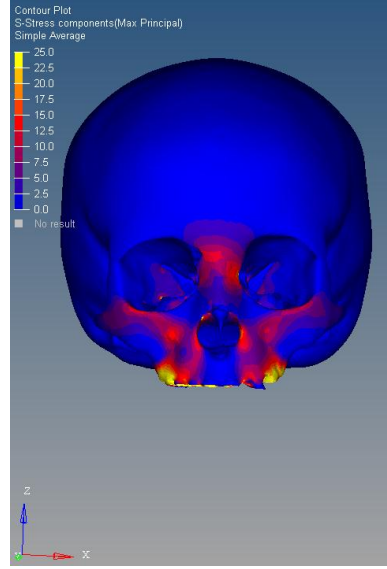
Model lateralinden incelendiğinde özellikle maksiller posterior dişlerin bukkalinde yoğun şekilde von Mises gerilmeleri görünmekteydi. Von Mises değerleri yukarı, öne ve

arkaya gittikçe azalmakta; yukarıda glabella ve sütura zigomatikofrontalis hizasında, arkada pterygoid proceslerde ve anteriorda spina nazalis anterior bölgesinde sonlanmaktaydı. Von Mises değerleri zigomatikomaksiller, frontanasal sturda ve zigomatik kemik gövdesinde 10-17,5 Mpa arasında değişti (şekil 4.3).



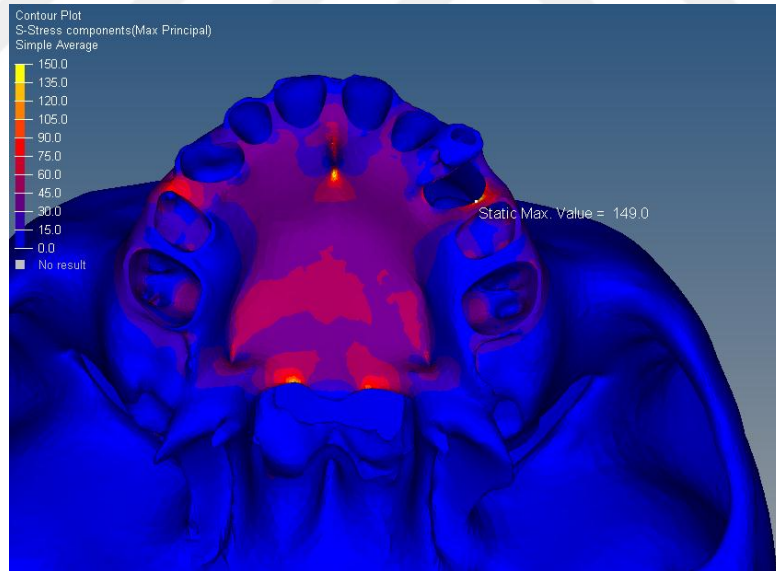
şekil 4.3: Tedavi 1 Kortikal von Mises Değerleri (Lateral)

Yapılan analiz sonucu kortikal kemikte oluşan en yüksek Pmax gerilme değeri 149 MPa olarak von Mises değerinde olduğu gibi süt ikinci molar dişin mezialinde bulunan maksiller kortikal kemikte lld. nden bakıldığında llen Pmax değerleri von Mises gerilmelerine benzer şekilde zygotatik ark ve glabella etrafında yoğunlaştı ve frontal kortikal kemikte sonlandı (şekil 4.4).



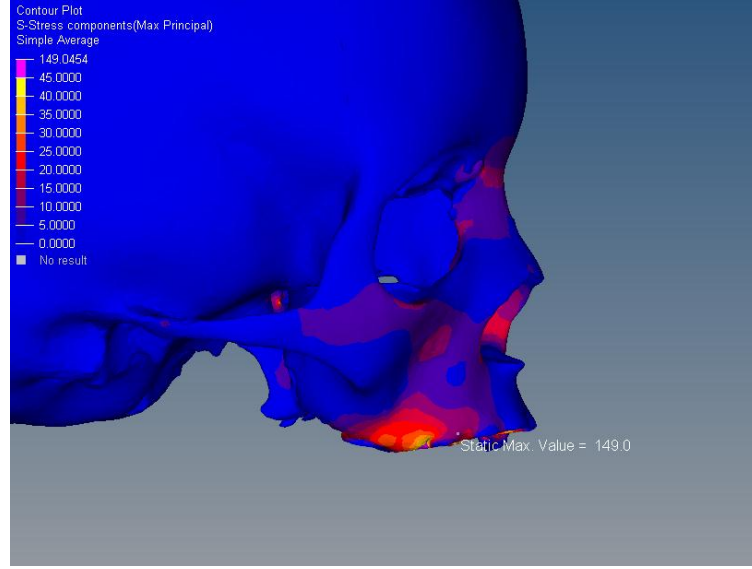
Şekil 4.4: Tedavi 1 Kortikal Pmax Değerleri (Frontal)

Model palatinalden incelendiğinde ise süt ikinci molar dişlerin mezialinde, palatinal kemiğin lamina horizontalis'inde ve maksillar kemiğin palatinal proces'inde Pmax stresleri yoğun olarak görüldü (Şekil 4.5).



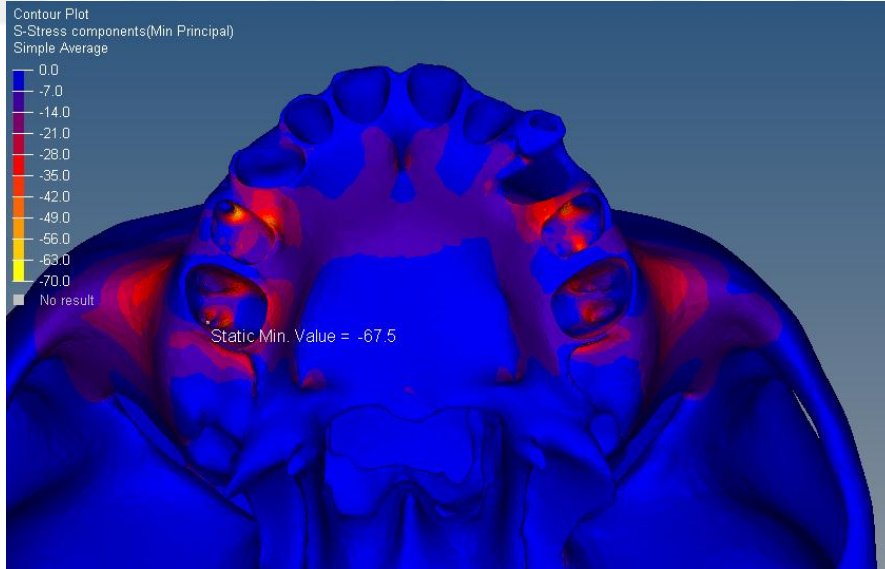
Şekil 4.5: Tedavi 1 Kortikal Pmax Değerleri (Palatinal)

Model lateralden incelendiğinde Pmax değerleri maksillada posterior processus alveolaris'te en yoğun olarak görüldü ve yukarıya, öne ve arkaya doğru azalarak devam etmekteydi. Pmax değerleri infrazigomatik alanda ve frontonasal suture çevresinde tekrar yoğunlaşmaktaydı (Şekil 4.6).



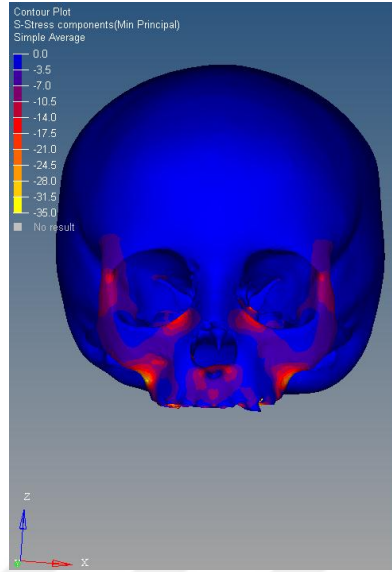
Şekil 4.6: Tedavi 1 Kortikal Pmax Değerleri (Lateral)

Birinci modelde kortikal kemik için ölçülen en düşük Pmin değeri $-67,5$ MPa idi. Bu değer sağ daimi birinci molar dişin soketinde ölçüldü. Hyrax vidanın destek aldığı daimi birinci molar ve süt ikinci molar dişlerde daha az yoğunlukta basma değerleri ölçüldü (Şekil 4.7).



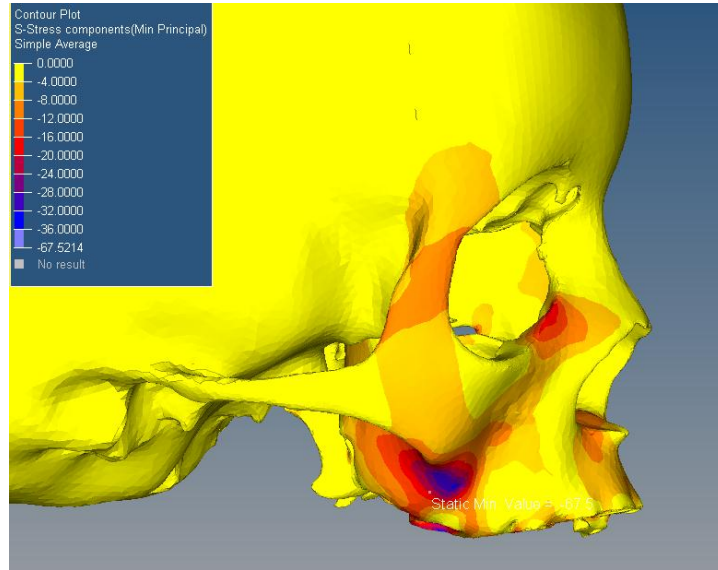
Şekil 4.7: Tedavi 1 Kortikal Pmin Değerleri (Palatinal)

Model frontalden incelendiğinde orbitanın ve zygomatic arkın alt kenarlarında Pmin değerlerinin yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: Tedavi 1 Kortikal Pmin Değerleri (Frontal)

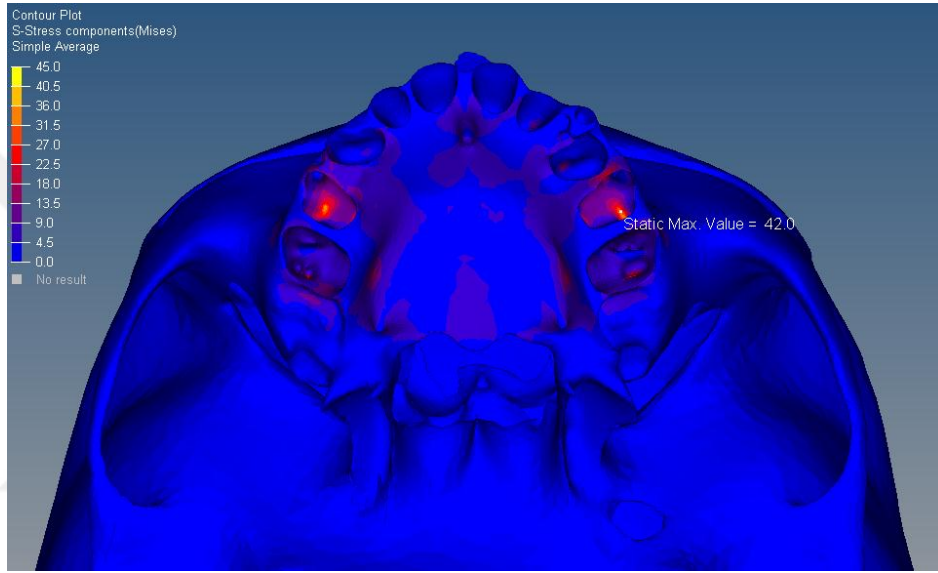
Model lateralden incelendiğinde Pmin değerlerinin infrazigomatik alanda, krista zigomatikoalveolaris'te ve zigomatik kemiğin frontal proces'inde yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9: Tedavi 1 Kortikal Pmin Değerleri (Lateral)

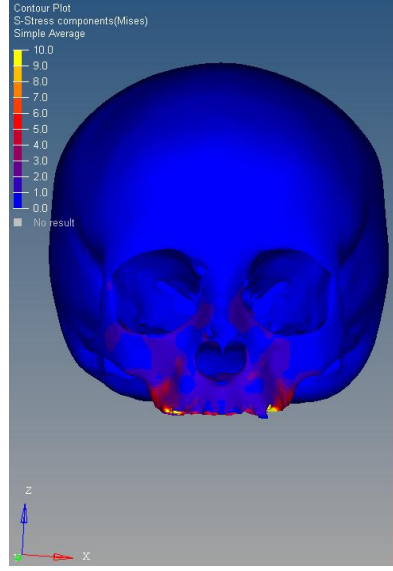
4.1.2. Spongioz Kemiğe Ait Bulgular:

Tedavi 1 modelinde yapılan analiz sonucu spongioz kemikte oluşan en yüksek von Mises gerilme değeri 42 MPa olarak sol süt ikinci molar diş socketinde ölçüldü. Palatinal bölgede sutura palatina media etrafında sıfıra yakın değerler ölçülürken dişlere doğru ilerledikçe von Mises değerleri artış göstermekteydi. Bu değerler süt ikinci molar diş socketinde en yüksek değere ulaştı (Şekil 4.10).



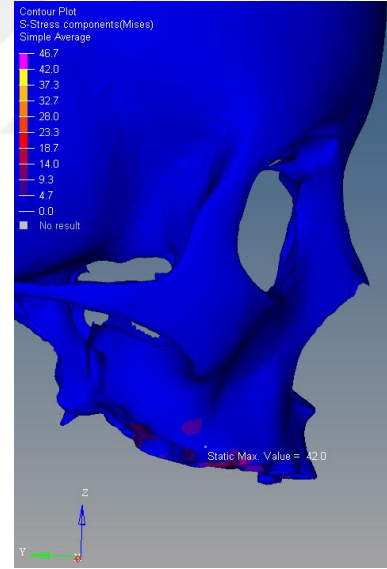
Şekil 4.10: Tedavi 1 Spongioz von Mises Değerleri (Palatinal)

Frontalden bakıldığında ise von Mises değerlerinin özellikle kanin bölge alveol kret hizasında yoğunlaştığı görülmekteydi, bu değerler alveol kret hizasından orbitanın alt sınırına doğru azalarak devam etmekteydi (Şekil 4.11).



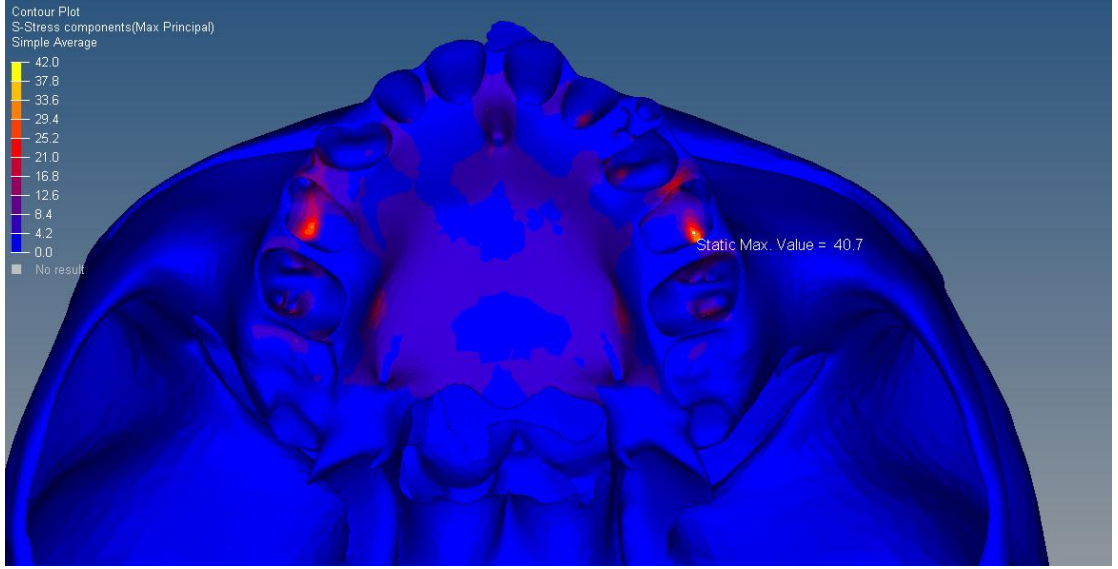
Şekil 4.11: Tedavi 1 Spongioz von Mises Değerleri (Frontal)

Lateralden bakıldığında en yüksek von Mises değerleri kanin bölgesinde ve birinci daimi molar dişin mezialindeki alveol kretinde görüldü (Şekil 4.12).



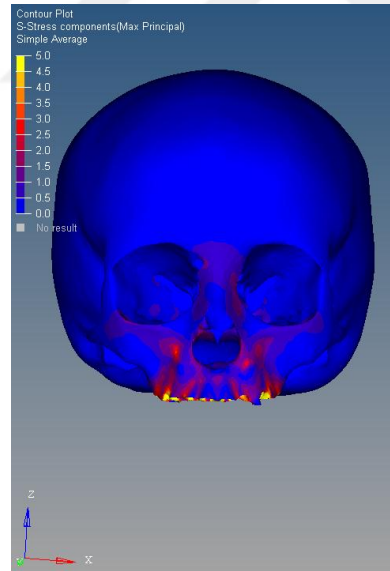
Şekil 4.12: Tedavi 1 Spongioz von Mises Değerleri (Lateral)

Yapılan analiz sonucu spongioz kemikte oluşan en yüksek Pmax değeri 40,7 MPa olarak von Mises değerinde olduğu gibi süt ikinci molar diş soketinde ölçüldü (Şekil 4.13).



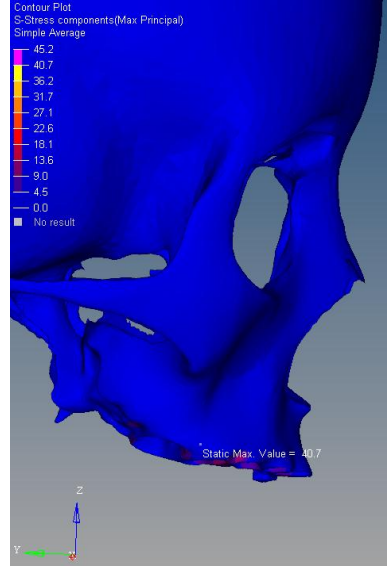
Şekil 4.13: Tedavi 1 Spongioz Pmax Değerleri (Palatinal)

Frontalden incelendiğinde ölçülen Pmax değerleri von Mises gerilmelerine benzer şekilde, alveol kret hizası, zygomatik ark ve glabella etrafında yoğunlaştı ve frontal spongioz kemikte sonlandı (Şekil 4.14).



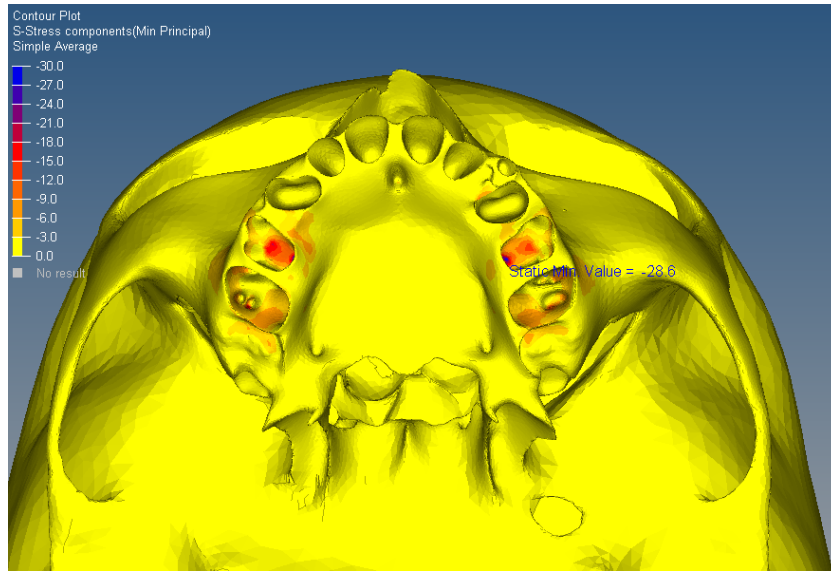
Şekil 4.14: Tedavi 1 Spongioz Pmax Değerleri (Frontal)

Lateral açıdan bakıldığında Pmax değerlerinin kanin bölgesinde alveol kret tepesinde yoğunlaştığı görüldü (Şekil 4.15).



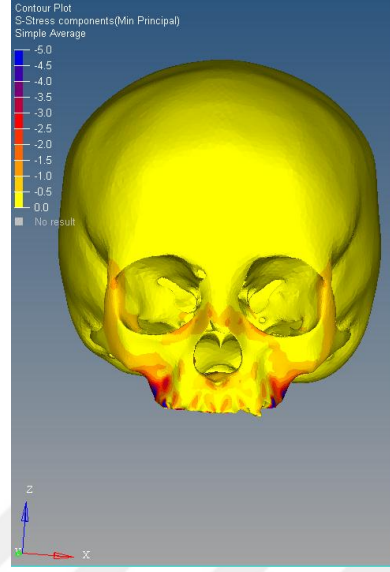
Şekil 4.15: Tedavi 1 Spongioz Pmax Değerleri (Lateral)

Birinci modelde spongioz kemik için ölçülen en düşük Pmin değeri -28,6 MPa idi. Bu değer sol süt ikinci molar dişin soketinde ölçüldü. Lehimli bantlar aracılığı ile hyrax vidanın destek aldığı daimi birinci molar ve süt ikinci molar dişlerde daha yüksek negatif değerler ölçüldü. Maksillar kemiğin sutura palatinasında sıfıra yakın değerler ölçüldü (Şekil 4.16).



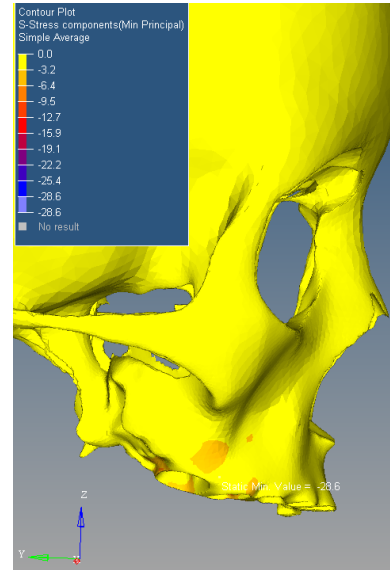
Şekil 4.16: Tedavi 1 Spongioz Pmin Değerleri (Palatinal)

Model frontalden incelendiğinde zygomatik ark ile maksiller dişlerin bukkalinde kalan spongioz kemik bölgelerinde stress yoğunluğunun fazla olduğu görüldü. Bu yoğunluk orbitanın alt kenarına doğru azalarak sonlanmaktaydı (Şekil 4.17).



Şekil 4.17: Tedavi 1 Spongioz Pmin Değerleri (Frontal)

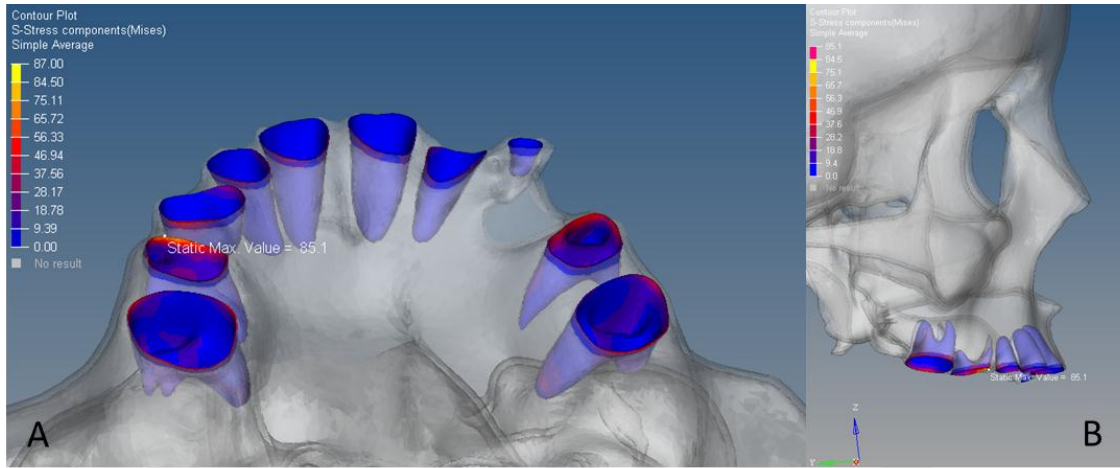
Model lateralden incelendiğinde Pmin değerlerinin alveol krette kanin bölgesinin distalinde yoğunlaştığı görüldü (Şekil 4.18).



Şekil 4.18: Tedavi 1 Spongioz Pmin Değerleri (Lateral)

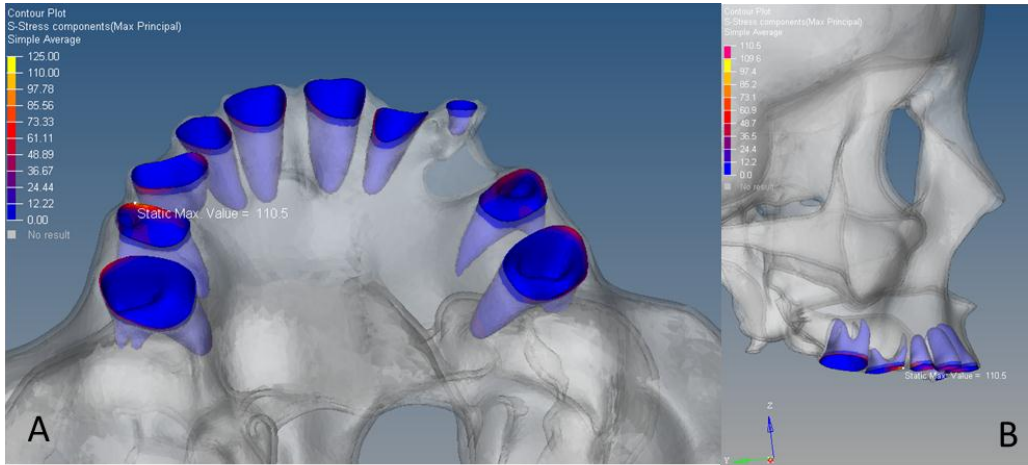
4.1.3. Maksiller Dişlerdeki Periodontal Ligamente Ait Bulgular:

Hyrax RME+FM modelinde kuvvet uygulanmasını takiben PDL için ölçülen en yüksek von Mises değeri 85,1 MPa ile sağ süt ikinci molar dişin meziobukkal kökünde ölçüldü. Özellikle süt ikinci molarlar ve daimi birinci molar dişlerde von Mises gerilme değerleri yüksek ölçüldü. Bu değerler kole bölgesinde yoğunlaşırken apikale kadar azalarak devam etmekteydi. Anterior dişlerde posterior dişlere oranla daha az olmak ile birlikte özellikle kole bölgesinde yüksek gerilme değerleri ölçüldü (Şekil 4.19).



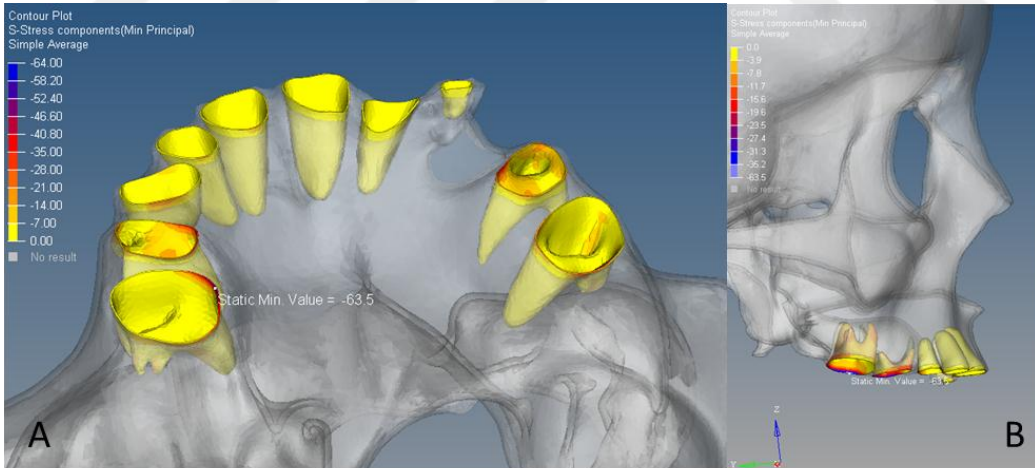
Şekil 4.19: Maksiller Periodontal Ligament von Mises Değerleri A) Palatinal B) Lateral

Birinci modelde yapılan ölçümler sonucu elde edilen en yüksek Pmax değeri 110,5 MPa idi. Bu değer von Mises değerlerine benzer şekilde sağ süt ikinci molar dişin meziobukkal kökünde ölçüldü. Pmax değerleri süt ikinci molar ve daimi birinci molar dişlerin PDL'sinde özellikle kole bölgesine doğru yoğunlaşıyordu. Anterior dişlerde posterior dişlere oranla daha az olmak ile birlikte özellikle kole bölgesinde yüksek gerilme değerleri ölçüldü (Şekil 4.20).



Şekil 4.20: Maksiller Periodontal Ligament Pmax Değerleri A) Palatinal B) Lateral

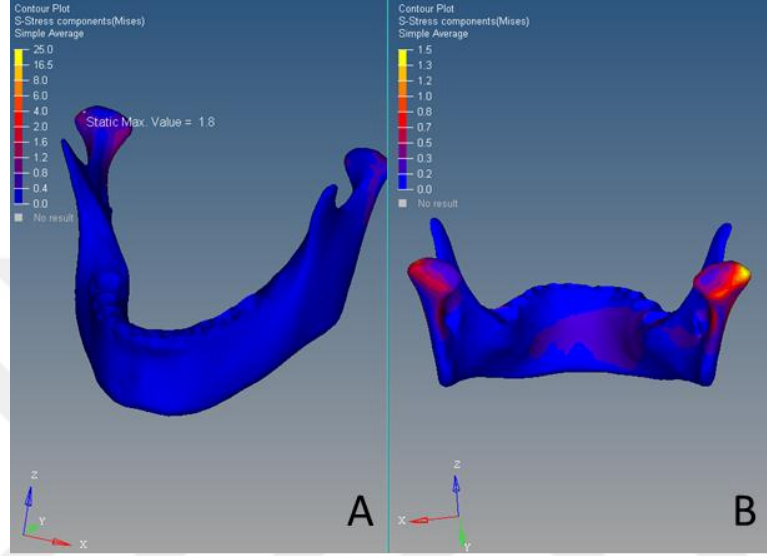
Birinci modelde PDL için ölçülen en düşük Pmin değeri -63,5 MPa olarak sağ daimi birinci molar dişin palatinal kökünde ölçüldü. Hyrax vidanın destek aldığı süt ikinci molar ve daimi birinci molar dişlerin PDL'sinde Pmin değerleri yoğunlaşmaktaydı. Anterior dişlerde sıfıra yakın değerler ölçüldü (Şekil 4.21).



Şekil 4.21: Maksiller Periodontal Ligament Pmin Değerleri A) Palatinal B) Lateral

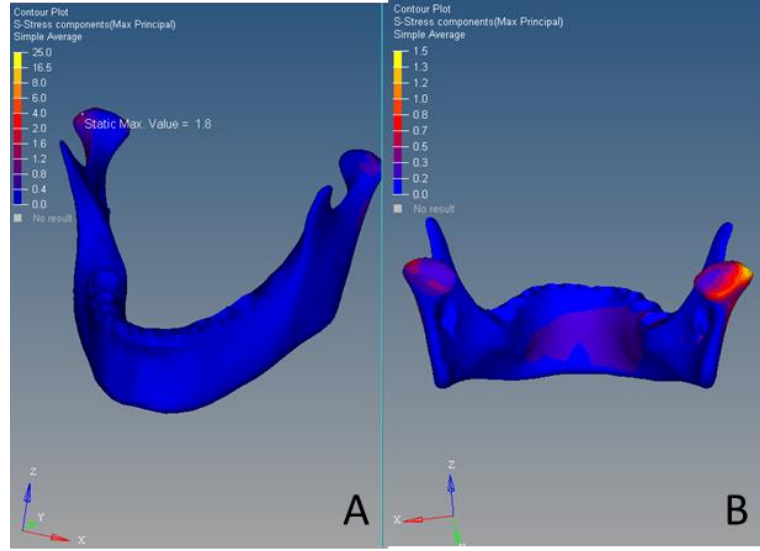
4.1.4. Mandibulaya Ait Bulgular

Birinci modelde mandibular kortikal kemikte oluşan von Mises değerleri en yüksek olarak 1,8 MPa ile kondil başının lateralinde ölçüldü. Değerler kondil başının lateralinden mediale doğru ve ramusa doğru azalmakta ramus ortalarında sonlanmaktaydı (Şekil 4.22).



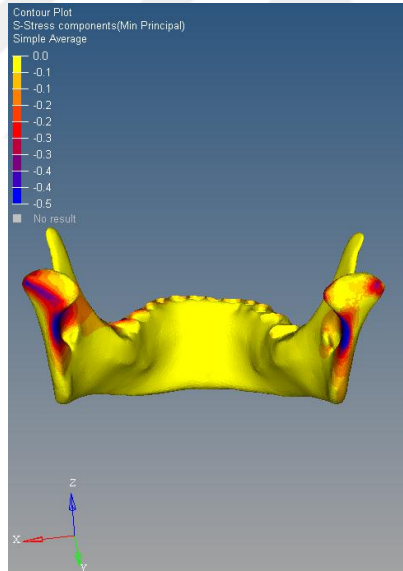
Şekil 4.22: Mandibular Kortikal Kemik von Mises Değerleri A) Anterior B) Posterior

Mandibula kortikal kemikte oluşan Pmax değerleri de von Mises değerlerinde de olduğu gibi 1,8 MPa olarak kondil başı lateralinde görüldü. Pmax değerleri kondil boynunda sonlanmaktaydı (Şekil 4.23).



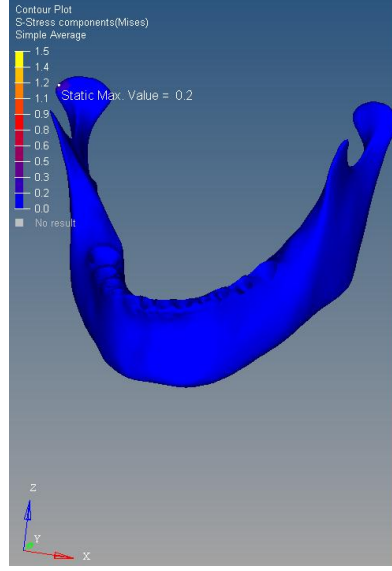
Şekil 4.23: Mandibular Kortikal Kemik Pmax Değerleri A) Anterior B) Posterior

Pmin değerleri kondil boyununun medialinde -0,5 MPa olarak ölçüldü ve aşağı doğru artarak ramus ortalarında sonlandı (Şekil 4.24).



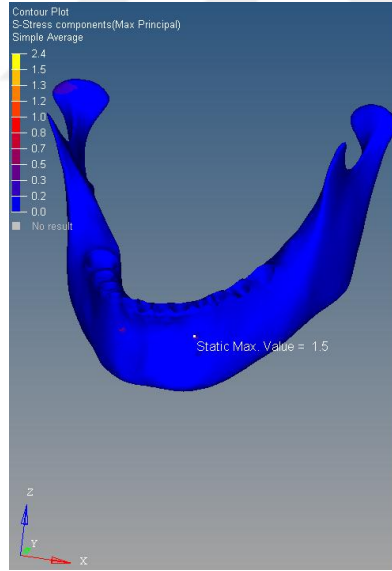
Şekil 4.24: Mandibular Kortikal Kemik Pmin Değerleri

Birinci model mandibular spongiz kemikte en yüksek von Mises gerilmesi sağ kondil başının lateralinde 0,2 MPa olarak ölçüldü, mediale ve aşağı doğru azalarak ramus ortasında sonlandı (Şekil 4.25).



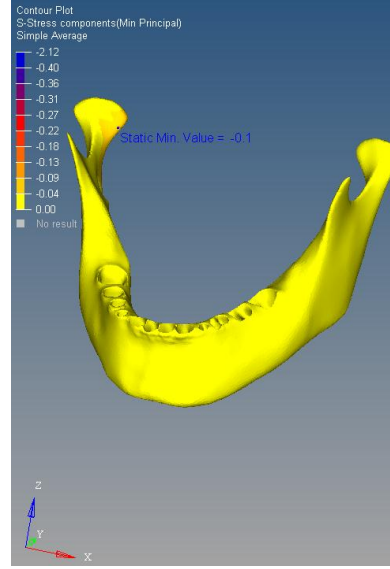
Şekil 4.25: Mandibular Spongios Kemik von Mises Değerleri

Pmax değerlerinin von Mises değerine benzer olarak yoğunlaştığı bölge sağ kondil başı lateraliydi. En yüksek Pmax değerinin 0,3 MPa olduğu görüldü. Kondil boynunda ise sıfıra yakın değerler ölçüldü (Şekil 4.26).



Şekil 4.26: Mandibular Spongios Kemik Pmax Değerleri

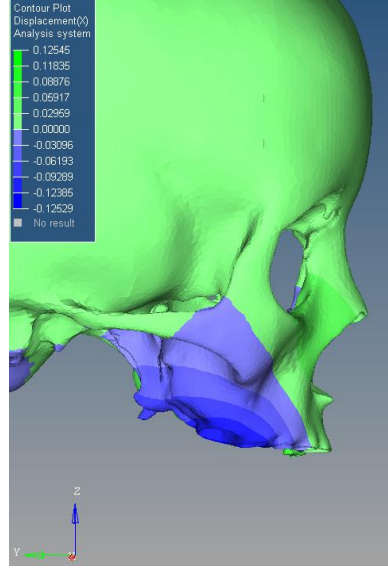
En düşük Pmin değeri -0,1 MPa ile kondil başı medialinde ölçüldü (Şekil 4.27).



Şekil 4.27: Mandibular Spongioz Kemik Pmin Değerleri

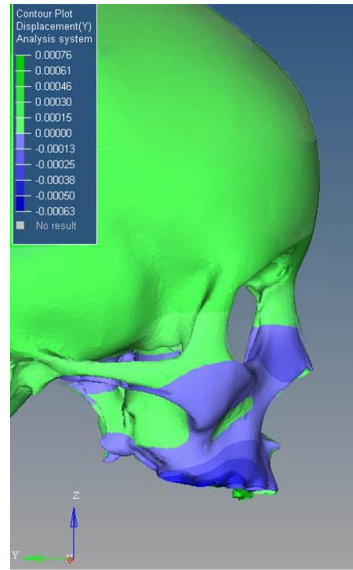
4.1.5. Maksillaya Ait Deplasman Bulguları

Tedavi 1 modelinde X ekseninde görülen deplasmanlar en çok 12529×10^{-5} mm olarak daimi molar diş ve süt ikinci molar hizasındaki alveol krette meydana geldi. X eksenindeki hareket anterior, posterior ve süperiora doğru kademeli olarak azalarak önde lateral diş soketi hizasında, yukarıda zigomatik kemik gövdesinde ve arkada pterygoid proces'te sonlanıyordu. Anteriorda X eksen deplasman değeri sıfır olarak ölçüldü (Şekil 4.28).



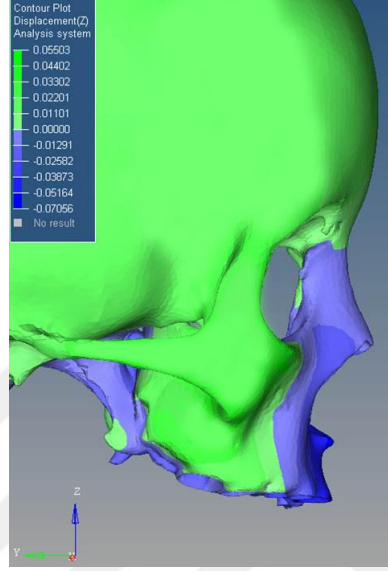
Şekil 4.28: Tedavi 1 Modeline Ait X Ekseni Deplasman Değerleri

Tedavi 1 modelinde Y ekseninde meydana gelen deplasmana bakıldığında en fazla anterior hareketin alveol kretin posterior bölgesinde 63×10^{-5} mm olarak gerçekleştiği gözlemlendi. Yukarı, öne ve arkaya doğru değerler kademeli azalmakla birlikte maksiller kemiğin frontal çıkıntısında, zigomatik kemik gövdesinde anterior hareket gözlemlendi. ANS ve PNS'de anterior hareket miktarı eşit ve yaklaşık 20×10^{-5} mm olarak ölçüldü (Şekil 4.29).



Şekil 4.29: Tedavi 1 Modeline Ait Y Ekseni Deplasman Değerleri

Tedavi 1 modelinde maksiller kompleksin anterior, posterior ve alveolünde vertikal olarak aşağı doğru hareket meydana geldi en yüksek değer 70560×10^{-5} mm olarak ANS noktasında ve maksillanın anterior bölgesinde ölçüldü. Posterior bölgede aşağı hareket miktarı 1291×10^{-5} mm idi. Vertikal hareket frontonasal sütura kadar ulaşmaktaydı (Şekil 4.30).



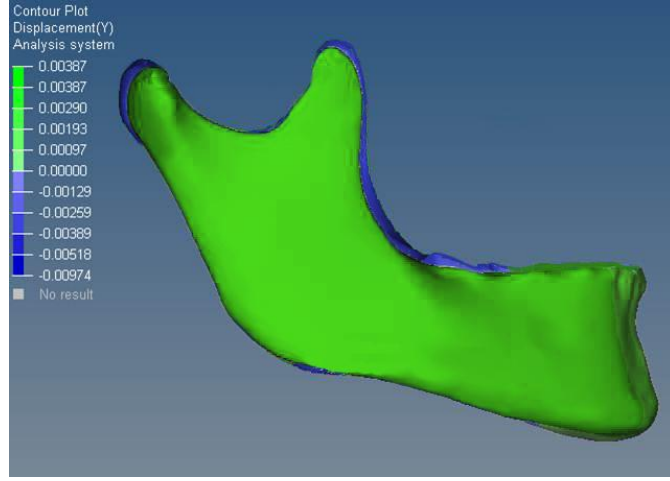
Şekil 4.30: Tedavi 1 Modeline Ait Z Eksenli Deplasman Değerleri

4.1.6. Mandibulaya Ait Deplasman Bulguları

Tedavi 1 modelinde mandibulada X ekseninde deplasman gözlenmedi.

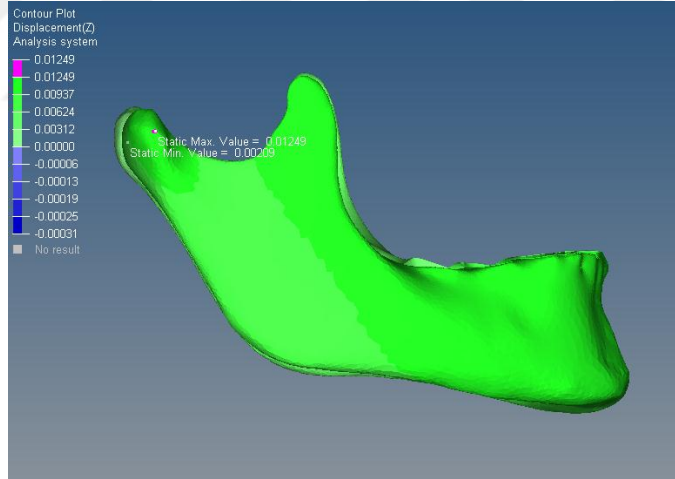
Tedavi 1 modelinde mandibulada Y ekseninde geriye doğru hareket meydana gözlendi.

Hareket en yüksek olarak kondilde görüldü ve değeri 387×10^{-5} mm idi (Şekil 4.31).



Şekil 4.31: Tedavi 1 Modeline Ait Y Eksenli Deplasman Değerleri

Vertikal yön değerlendirmede mandibuladaki en yüksek hareket yukarı doğru 1249×10^{-5} mm ile kondil başında meydana geldi. Korpus'ta genel olarak pozitif yönlü, kondille aynı renk gözlenirken, maksimum değer kondilde gözlemlendi. Ramusta ise hareket çok az miktarda daha düşüktü (Şekil 4.32).

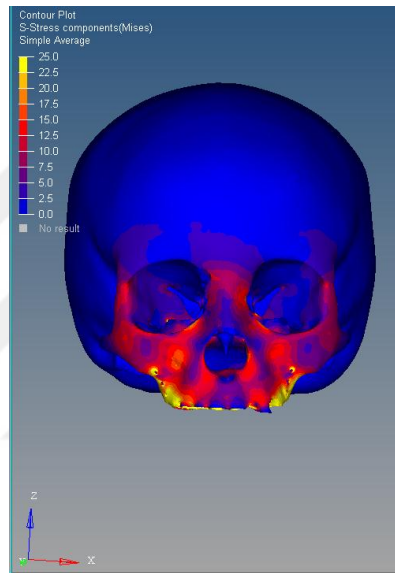


Şekil 4.32: Tedavi 1 Modeline Ait Z Eksenli Deplasman Değerleri

4.2. Tedavi 2 Modeline Ait Bulgular

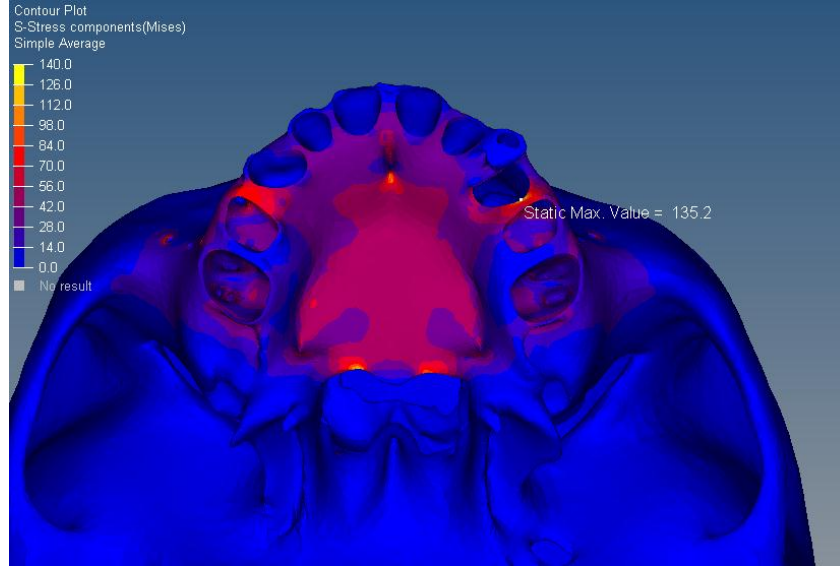
4.2.1. Kortikal Kemiğe Ait Bulgular:

Tedavi 2 modelinde yapılan analiz sonucu kortikal kemikte oluşan en yüksek von Mises gerilmesi değeri 135,2 MPa olarak sol süt ikinci molar dişin mezialinde bulunan maksiller kortikal kemikte ölçüldü. Kanin dişi ile daimi birinci molar diş arasında kalan maksiller bukkal kortikal kemik bölgesinde von Mises değerleri yoğundu. Burada ölçülen yüksek von Mises gerilme değerleri yukarıda zygomatic ark ve glabellaya doğru azalarak devam etmekte ve frontal kemikte sonlanmaktaydı (Şekil 4.33).



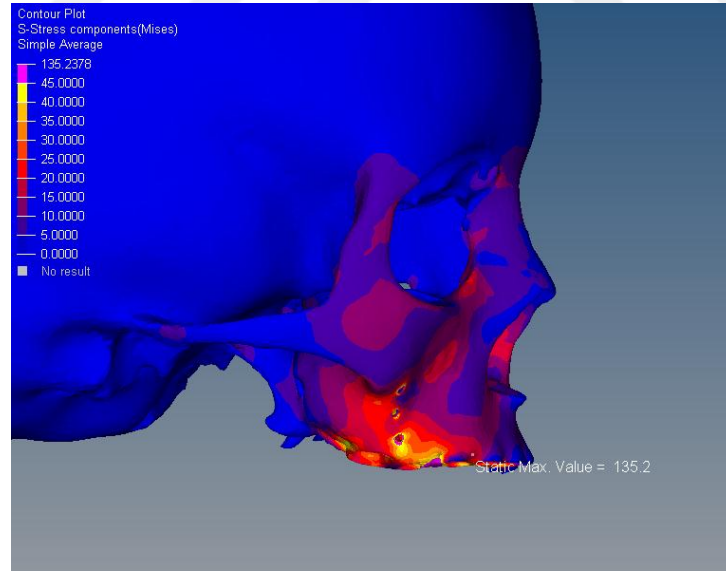
Şekil 4.33: Tedavi 2 Kortikal von Mises Değerleri (Frontal)

Kemik destekli maksiller protraksiyon modeli palatinalden incelendiğinde ön tarafta bulunan bandın lehimli olduğu süt ikinci molar dişlerin mezialinde von Mises gerilmelerinin yoğunlaştığı görülmektedir. Ayrıca maksillar kemiğin processus palatinus'unda sutura palatina media çevresinde kuvvet yoğunluğu dikkat çekmektedir. Bu kuvvet süturdan maksiller dişlere doğru ilerledikçe azalıyordu (Şekil 4.34).



Şekil 4.34: Tedavi 2 Kortikal von Mises Değerleri (Palatinal)

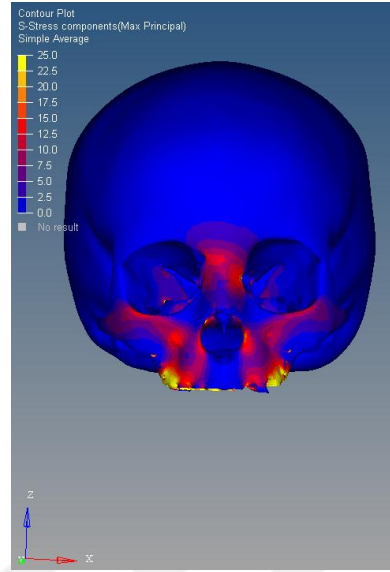
Model lateralden incelendiğinde von Mises gerilmelerinin en yüksek olarak süt ikinci molar mezial alveol kreti hizasında olduğu gözlemlendi. Yukarı, öne ve arkaya doğru azalmakla birlikte infrazigomatik alanda frontonasal sutureda, frontozigomatik alanda, zigomatikotemporal bölgede artarak 15-20 MPa değerlerine ulaşmaktaydı (Şekil 4.35).



Şekil 4.35: Tedavi 2 Kortikal von Mises Değerleri (Lateral)

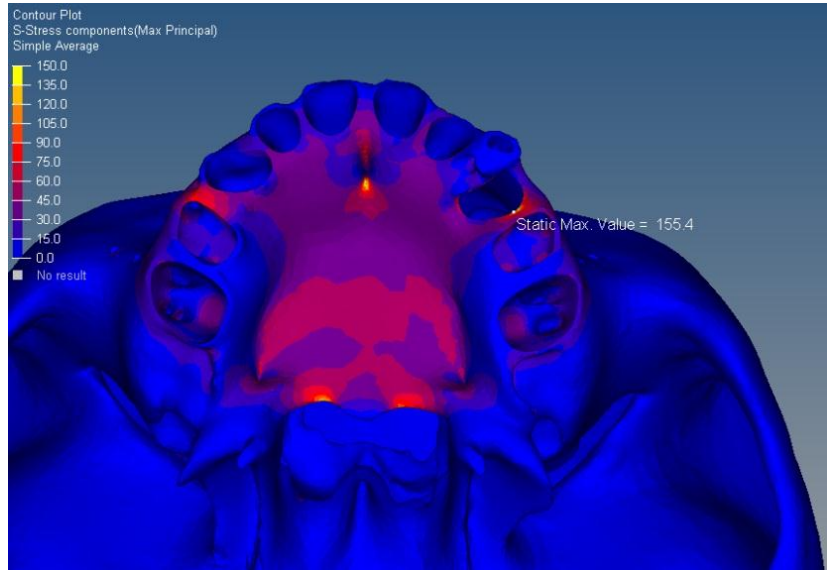
Yapılan analiz sonucu kortikal kemikte oluşan en yüksek Pmax gerilme değeri 155,4 MPa olarak von Mises değerinde olduğu gibi süt ikinci molar dişin mezialinde bulunan maksiller kortikal kemikte ölçülmekteydi. Frontalden incelendiğinde Pmax değerleri

von Mises gerilmelerine benzer şekilde zygomatik ark ve frontonasal suture etrafında yoğunlaştı; frontal kortikal kemikte sonlandı (Şekil 4.36).



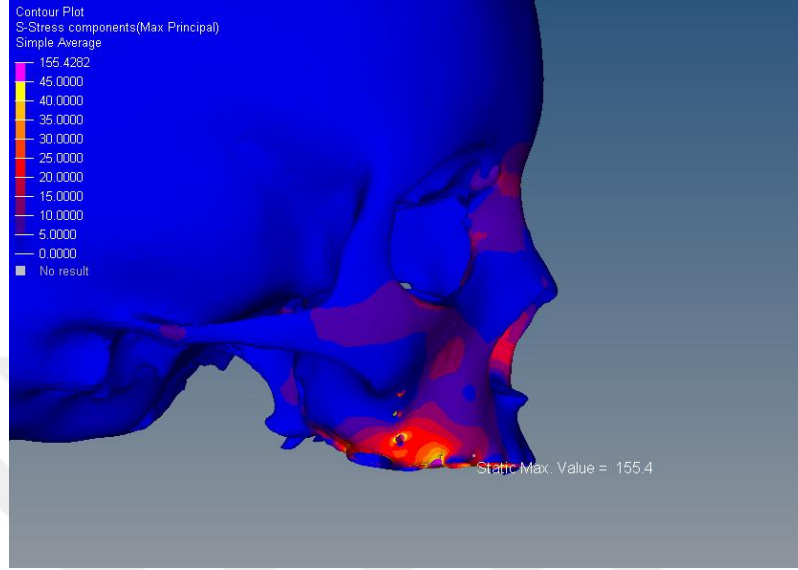
Şekil 4.36: Tedavi 2 Kortikal Pmax Değerleri (Frontal)

Model palatinalden incelendiğinde ise suture ikinci molar dişlerin mezialinde, palatinal kemiğin lamina horizontalis'inde ve maksiller kemiğin palatinal proses'inde yüksek Pmax gerilmeleri görüldü (Şekil 4.37).



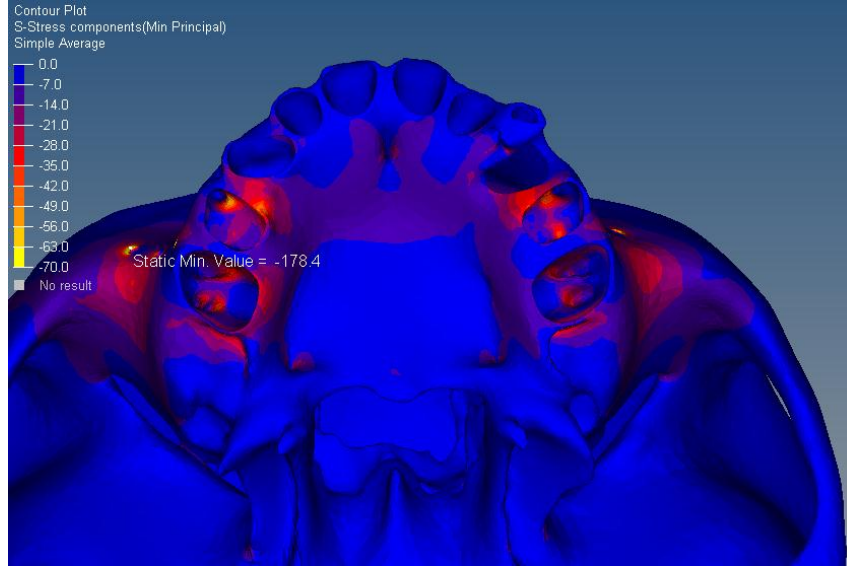
Şekil 4.37: Tedavi 2 Kortikal Pmax Değerleri (Palatinal)

Modele lateralden bakıldığında, en yüksek Pmax değeri süt ikinci molar bukkalindeki alveol krette ölçüldü. Değerler yukarı doğru azalırken infraorbital alanda, frontonasal sutureda, orbita alt kenarında ve medialinde 15-25 MPa değerlerine ulaşmaktaydı (Şekil 4.38).



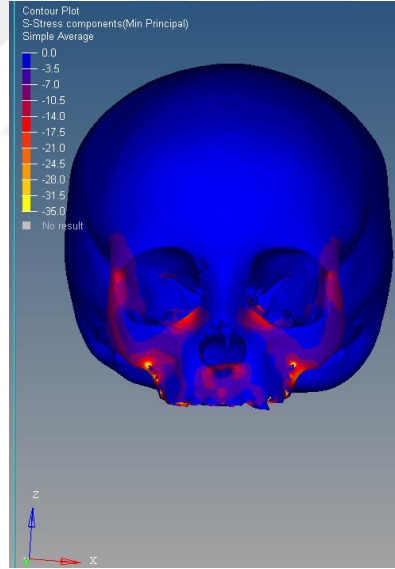
Şekil 4.38: Tedavi 2 Kortikal Pmax Değerleri (Lateral)

İkinci modelde kortikal kemik için ölçülen en düşük Pmin değeri -178,4 MPa idi. Bu değer miniplakları tutan en yukarıdaki vida çevresinde ölçüldü. Hyrax vidanın destek aldığı daimi birinci molar ve süt ikinci molar dişlerde daha yüksek negatif değerler ölçüldü (Şekil 4.39).



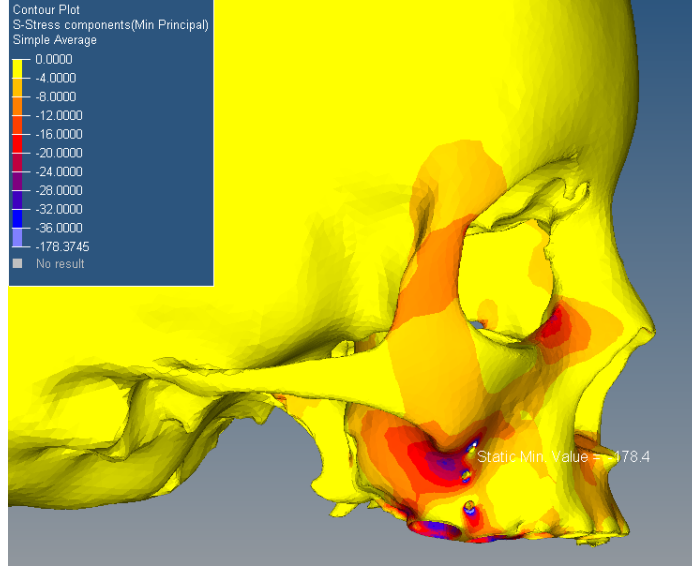
Şekil 4.39: Tedavi 2 Kortikal Pmin Değerleri (Palatinal)

Model frontalden incelendiğinde burun tabanında, orbitanın ve zygomatik arkın alt kenarlarında düşük Pmin değerleri görüldü (Şekil 4.40).



Şekil 4.40: Tedavi 2 Kortikal Pmin Değerleri (Frontal)

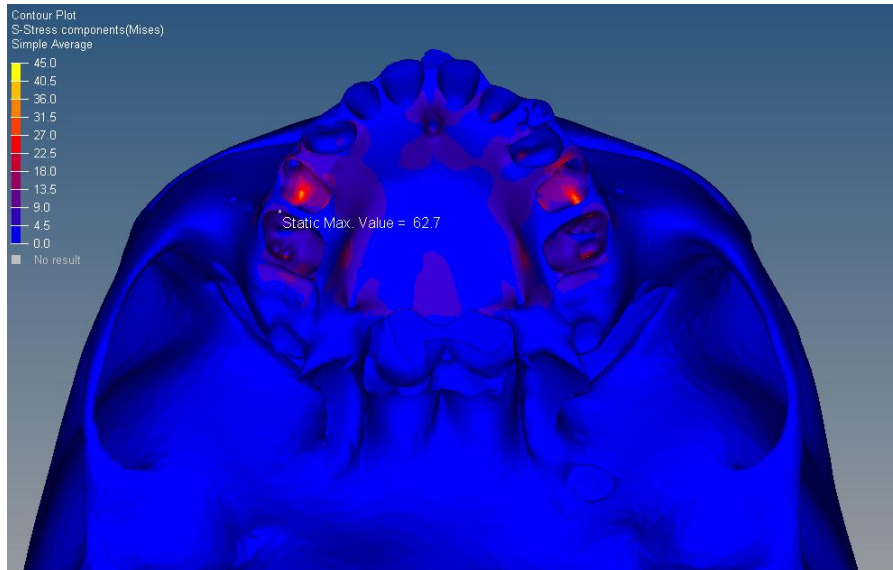
Lateral incelemede ise; en düşük Pmin değeri -178,4 MPa olarak zygomatik krest'in anteriorunda ölçüldü. İnfraorbital alanda ve zygomatik kemiğin frontal çıkıntısında ise -12 ile -20 MPa arasında değişen değerler ölçüldü (Şekil 4.41).



Şekil 4.41: Tedavi 2 Kortikal Pmin Değerleri (Lateral)

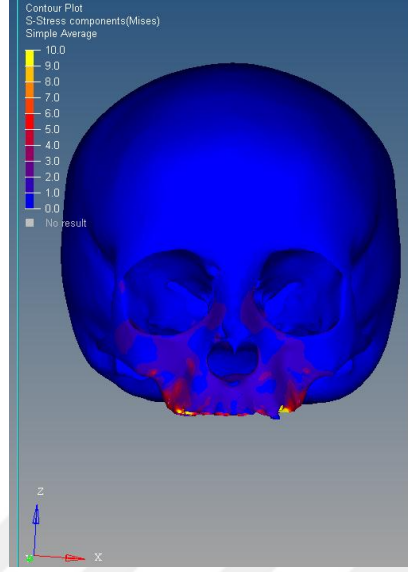
4.2.2. Spongioz Kemiğe Ait Bulgular:

Tedavi 2 modelinde yapılan analiz sonucu spongioz kemikte oluşan en yüksek von Mises değeri 62,7 MPa olarak sağ süt ikinci molar diş ile daimi birinci molar diş arasında bulunan maksiller spongioz kemikte ölçüldü. Palatinal suture etrafında von Mises gerilmesi gözlenmezken maksiller dişlere doğru von Mises stresleri artış göstermekteydi. Bu değerler süt ikinci molar diş soketinde yoğunlaşıyordu (Şekil 4.42).



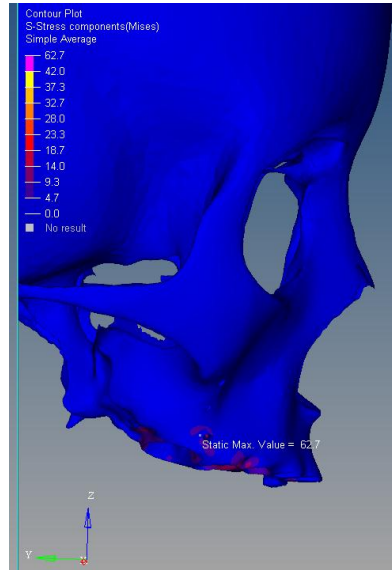
Şekil 4.42: Tedavi 2 Spongioz von Mises Değerleri (Palatinal)

Frontalden bakıldığında ise von Mises değerlerinin özellikle kanin premolar arasında kalan bölgede yoğunlaştığı görülmekteydi, bu değerler alveol kret hizasından orbitanın alt sınırına doğru azalarak devam etmekteydi (Şekil 4.43).



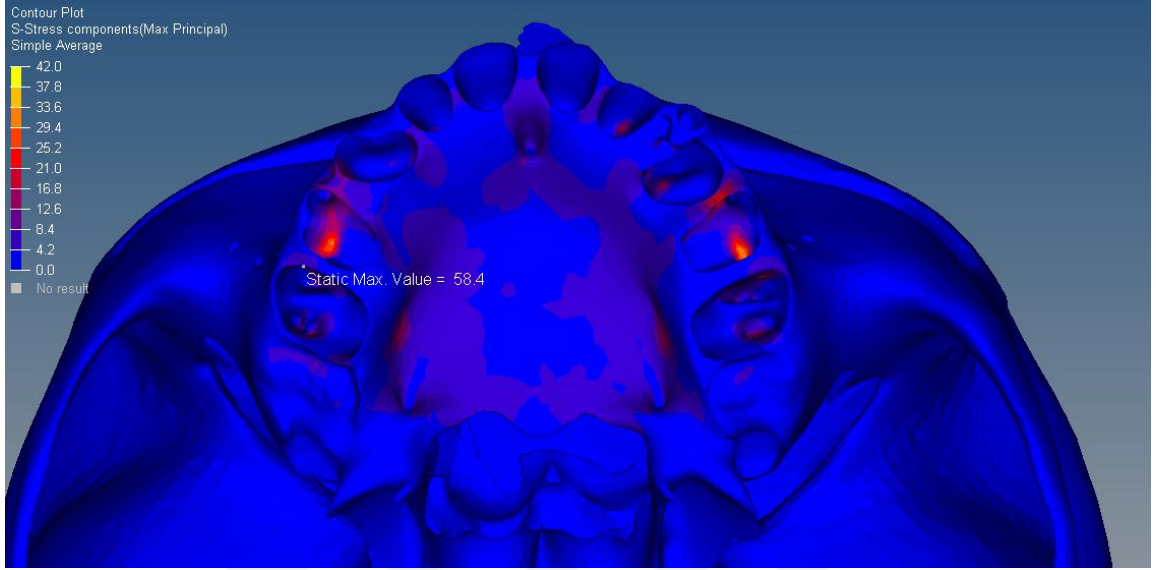
Şekil 4.43: Tedavi 2 Spongioz von Mises Değerleri (Frontal)

Lateral incelemede von Mises değerlerinin yoğunluğunun alveol kret hizasında lokal olarak kaldığı görüldü (Şekil 4.44).



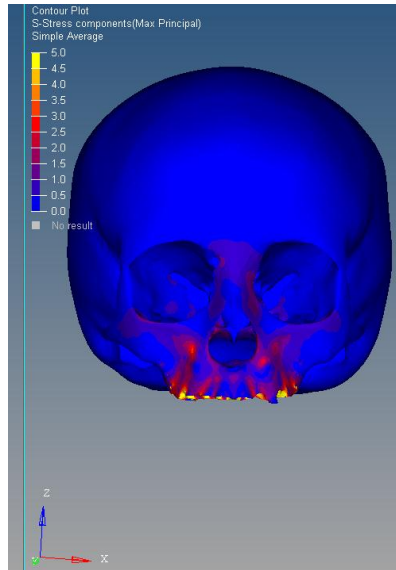
Şekil 4.44: Tedavi 2 Spongioz von Mises Değerleri (Lateral)

Yapılan analiz sonucu spongiöz kemikte ölçülen en yüksek Pmax değeri 58,4 MPa olarak sağ süt ikinci molar ile daimi birinci molar arasında kalan spongiöz kemikte ölçüldü. Palatinalden bakıldığında spongiöz kemikte oluşan Pmax değerleri süt ikinci molar diş çevresinde yoğunlaştı (Şekil 4.45).



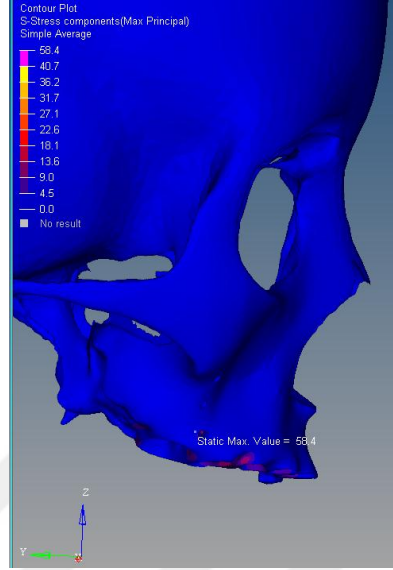
Şekil 4.45: Tedavi 2 Spongiöz Pmax Değerleri (Palatinal)

Frontalden bakıldığında ise posterior bölgelerde alveol diş soketi çevresinde Pmax değerlerinin fazla olduğu, yukarıya doğru çıktıkça zigomatik arka doğru azalarak devam ettiği ve orbita alt kenarında sonlandığı görüldü (Şekil 4.46).



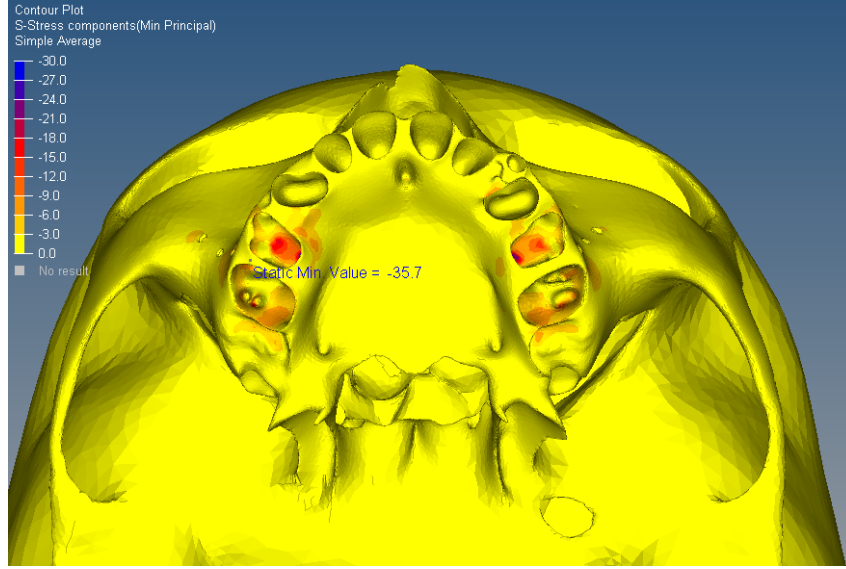
Şekil 4.46: Tedavi 2 Spongiöz Pmax Değerleri (Frontal)

Lateralden bakıldığında Pmax değerleri molar dişlerin alveol kreti hizasında yoğunlaşmaktaydı. Anterior dişler çevresinde spongioz kemikte sıfıra yakın değerler ölçülürken burun tabanından başlayarak glabellaya kadar spongioz kemikte pozitif değerler ölçüldü (Şekil 4.47).



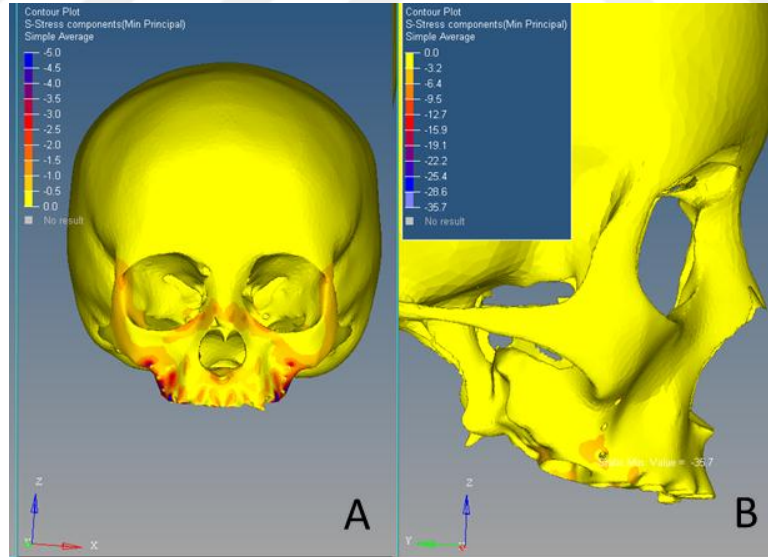
Şekil 4.47: Tedavi 2 Spongioz Pmax Değerleri (Lateral)

İkinci modelde spongioz kemik için ölçülen en düşük Pmin değeri -35,7 MPa olarak sağ süt ikinci molar ile daimi birinci molar arasında bulunan kemikte ölçüldü. Hyrax vidanın lehimli bantları aracılığıyla destek aldığı süt ikinci molar ve birinci daimi molar dişler etrafında daha yüksek negatif değerler görüldü (Şekil 4.48).



Şekil 4.48: Tedavi 2 Spongiöz Pmin Değerleri (Palatinal)

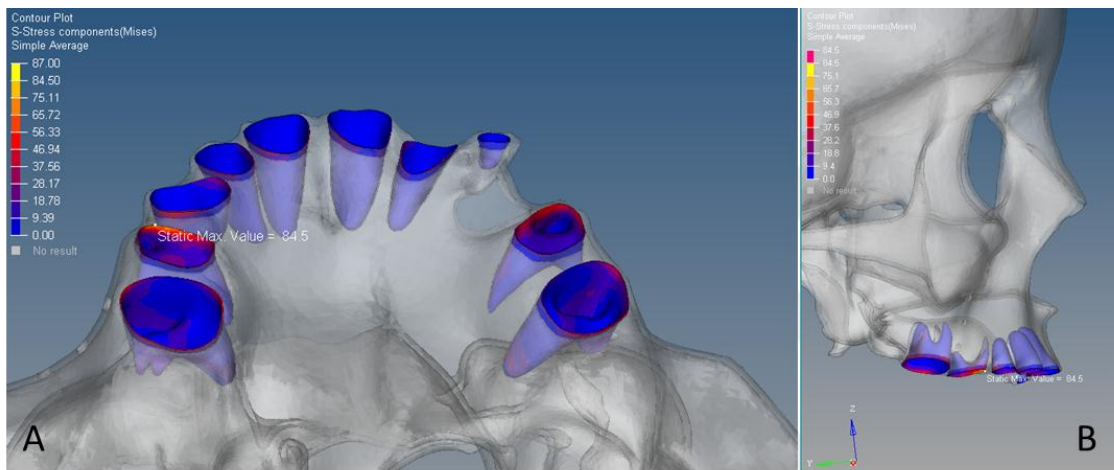
Model frontalden incelendiğinde kista zigomatikoalveolaris çevresinde ve anteriorunda kalan bukkal alveol kemikte Pmin değerleri yoğunlaştı ve bu değerler orbita alt kenarında artarak sonlanmaktaydı (Şekil 4.49). Lateral incelemede yoğunluk alveol kret bölgesinde artmaktaydı (Şekil 4.49).



Şekil 4.49: Tedavi 2 Spongiöz Pmin Değerleri A) Frontal B) Palatinal

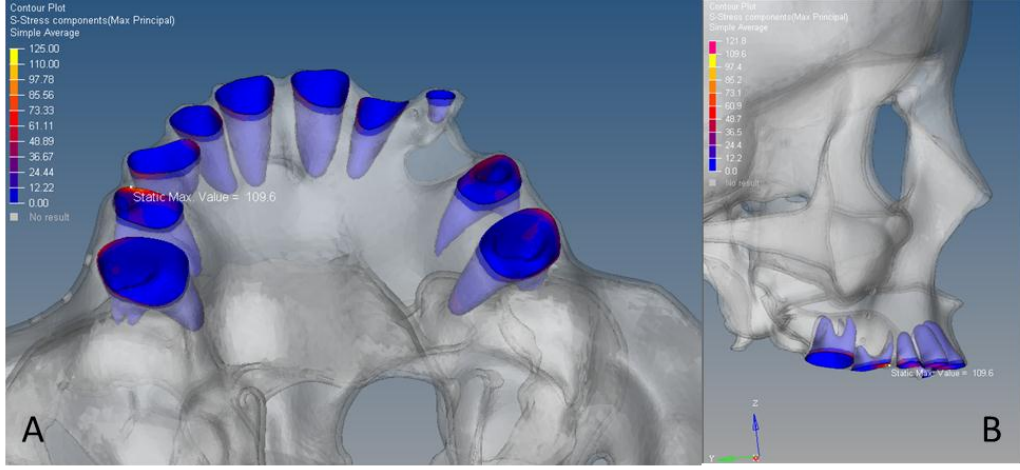
4.2.3. Maksiller Dişlerin Periodontal Ligamentlerine Ait Bulgular:

Kemik destekli maksiller protraksiyon modelinde kuvvet uygulamasını takiben PDL’de ölçülen en yüksek von Mises değeri 84,5 MPa ile sağ ikinci süt molar dişin meziobukkal kökünde ölçüldü. Özellikle süt ikinci ve birinci daimi molar dişlere ait PDL’de yüksek von Mises gerilmeleri ölçüldü. Bu değerler özellikle PDL’lerin koronal üçlüsünde yoğunlaştı. Hyrax vidanın destek almadığı anterior bölgelerde daha düşük von Mises değerleri ölçüldü (Şekil 4.50).



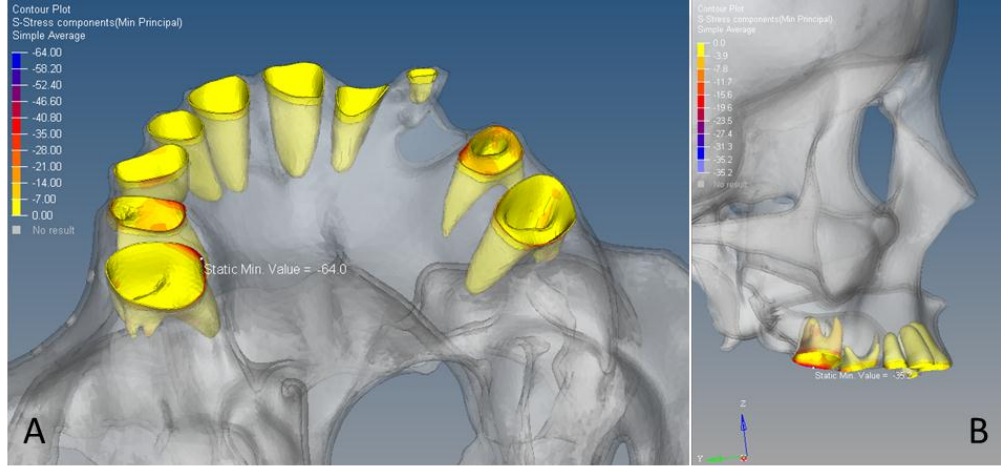
Şekil 4.50: Maksiller Periodontal Ligament von Mises Değerleri A) Palatinal B) Lateral

İkinci tedavi modelinde PDL’ye ait en yüksek Pmax değeri 109,6 MPa ile üst ikinci molar dişin meziobukkal kökünün mezialinde ölçüldü. Von Mises gerilmelerine benzer şekilde Pmax gerilme değerlerinin de süt ikinci molar ve daimi birinci molara ait PDL’de yoğunlaştığı görüldü. Hyrax vidanın destek almadığı anterior dişlerde daha düşük değerler ölçüldü (Şekil 4.51).



Şekil 4.51: Maksiller Periodontal Ligament Pmax Değerleri A) Palatinal B) Lateral

İkinci modelde PDL için en düşük Pmin değeri -64 MPa olarak sağ birinci daimi molar dişin palatinal kökünde ölçüldü. Anterior dişlerde sıfıra yakın Pmin değerleri ölçülürken posterior dişlerde stres yoğunluğu daha fazlaydı. Pmin stresleri koronal üçlüden apikal üçlüye doğru arttı. (Şekil 4.52).

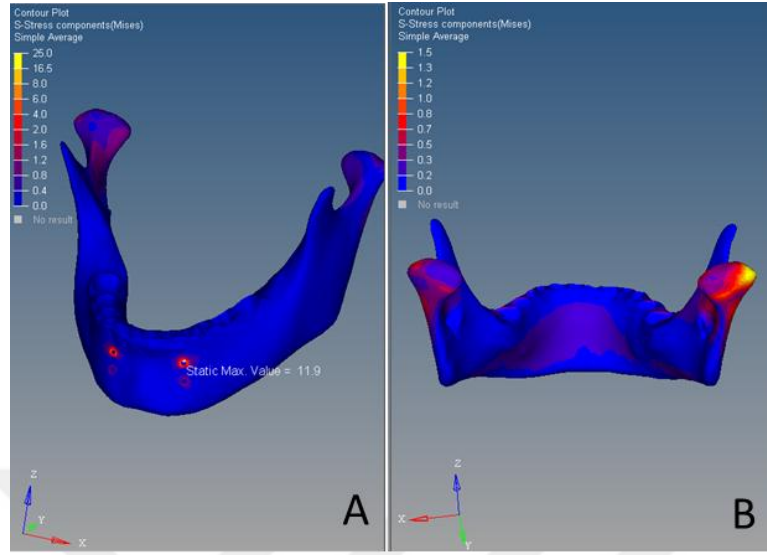


Şekil 4.52: Maksiller Periodontal Ligament Pmin Değerleri A) Palatinal B) Lateral

4.2.4. Mandibulaya Ait Bulgular

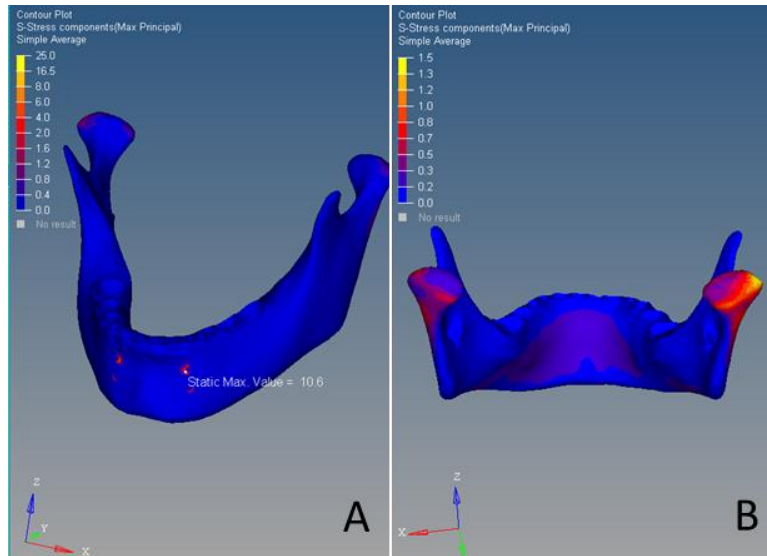
İkinci tedavi modelinde mandibula kortikal kemikte en yüksek von Mises değeri miniplağın sabitlenmesinde kullanılan vidalardan yukarı konumlanan vidaya komşu kortikal kemikte 11,9 MPa olarak ölçüldü. Posteriorndan bakıldığında kondil başı

lateralinde von Mises değerleri yoğunlaşırken kondil başından mediale ve aşağı inildiğinde bu değerler azalmakta ve ramus ortalarında sonlanmaktaydı (Şekil 4.53).



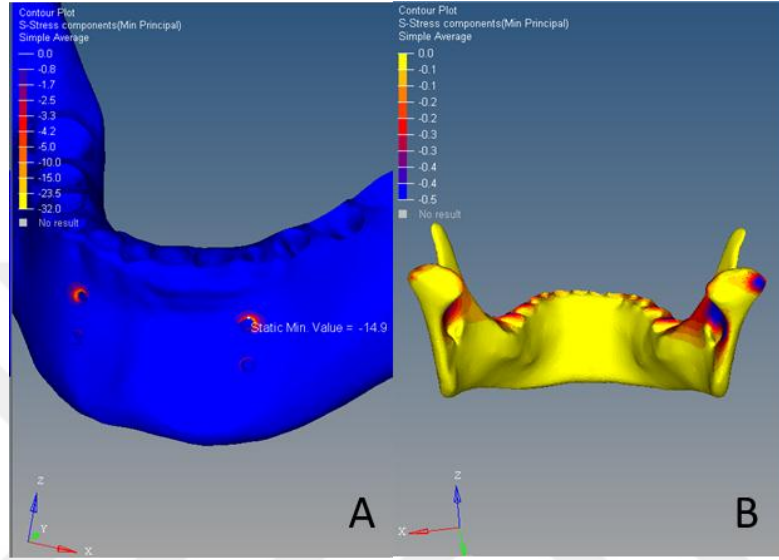
Şekil 4.53: Mandibular Kortikal Kemik von Mises Değerleri A) Anterior B) Posterior

Kortikal kemik için Pmax değerleri von Mises değerleri gibi miniplağı tutan üstteki vidaya komşu kemikte en yüksek ve değeri 10,6 MPa idi. Posteriordan bakıldığında kondil başı lateralinde 1,5 MPa değerindeyken ramus ortalarında sönümlenmekteydi (Şekil 4.54).



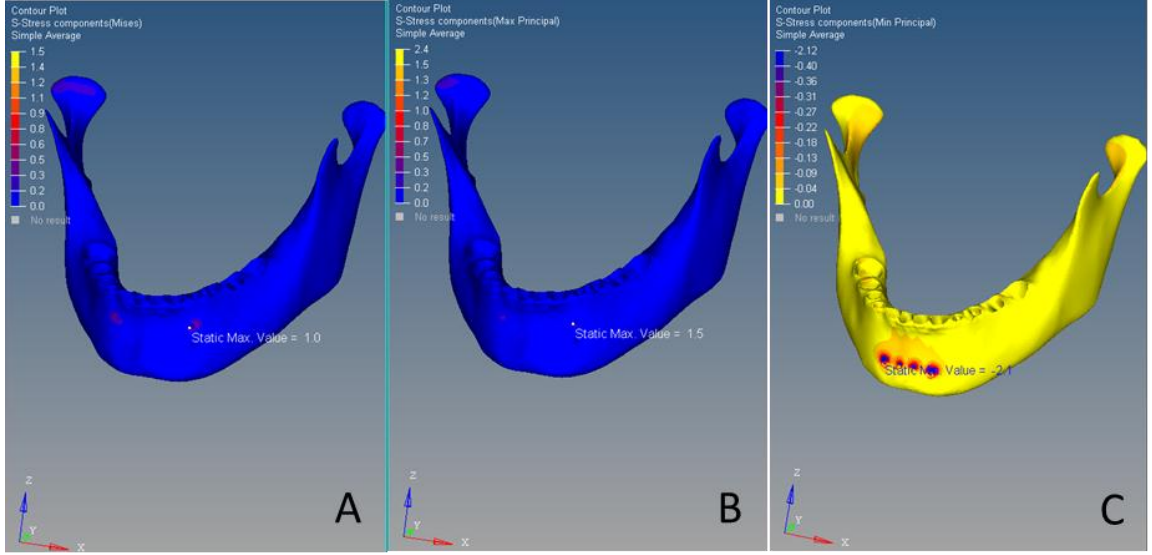
Şekil 4.54: Mandibular Kortikal Kemik Pmax Değerleri A) Anterior B) Posterior

Kortikal Pmin değeriye üstteki vidanın komşu olduğu kemikte -14,9 MPa idi. Posterior izlemde Pmin değerleri kondil başı lateralinde ve kondil boynu medialinde yoğunlaşmaktaydı (Şekil 4.55).



Şekil 4.55: Mandibular Kortikal Kemik Pmin Değerleri A) Anterior B) Posterior

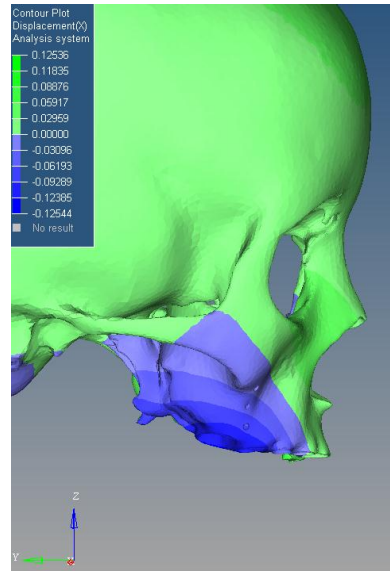
Spongioz kemik için, en yüksek von Mises değeri miniplak vidasının yukarıda olanına komşu kemikte 1,0 MPa olarak ölçüldü, kondil başı lateralinde ise 0,5 MPa civarındaydı. Pmax değeri yine aynı vida çevresindeki kemikte 1,5 MPa değerindeydi. Pmin değeriye aynı noktada en düşük değerdeydi ve -0,4 MPa idi (Şekil 4.56).



Şekil 4.56: Mandibula Spongioz von Mises (A) Pmax (B) Pmin (C) Değerleri

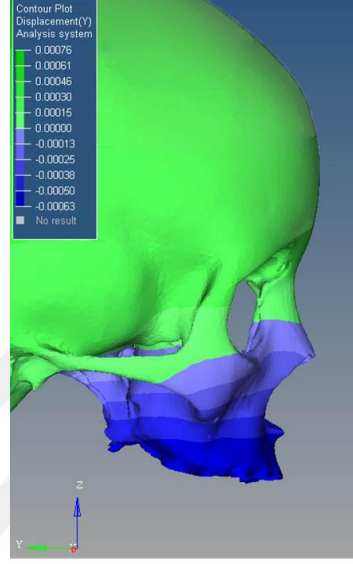
4.2.5. Maksillaya Ait Deplasman Bulguları

Tedavi 2 modelinde maksiller kompleksteki transversal yöndeki deplasman, tedavi 1 modelindeki gibi molar bölge alveol kreti merkez olacak şekilde öne, arkaya ve yukarı kademeli olarak azalacak şekilde gerçekleşti ve en yüksek değer olarak molar alveol kretinde 12544×10^{-5} mm olarak ölçüldü. Anterior maksillada ise değer sıfırdı (Şekil 4.57).



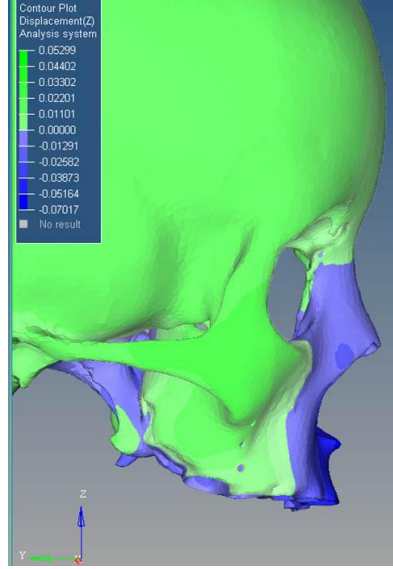
Şekil 4.57: Tedavi 2 Modeline Ait X Eksenli Deplasman Değerleri

Sagital düzlemdeki deplasman hareketinin maksiller komplekse daha çok yayıldığı gözlenmekteydi. Maksilladaki öne hareket alveolden yukarıya doğru kademeli azalma göstererek yukarıda anteriorda sutura nazomaksillerise, arkadaysa pterigoid proceslerin üst sınırına kadar uzanıyordu. En yüksek değerler alveol kretinde 63×10^{-5} mm iken üst sınırlarda 13×10^{-5} mm'ye kadar düşmekteydi (Şekil 4.58).



Şekil 4.58: Tedavi 2 Modeline Ait Y Eksenli Deplasman Değerleri

Vertikal deplasman değerlendirmesinde tedavi 2 modeli 1. modelle büyük benzerlik göstermekteydi. En yüksek değerler anterior nasal spina çevresinde ve aşağı doğru 7017×10^{-5} mm iken, posteriorda 1291×10^{-5} mm civarındaydı (Şekil 4.59).



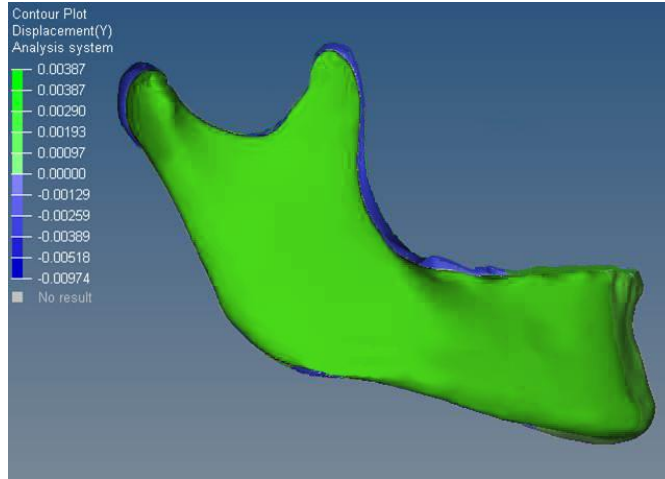
Şekil 4.59: Tedavi 2 Modeline Ait Z Ekseni Deplasman Değerleri

4.2.6. Mandibulaya Ait Deplasman Bulguları

Transversal düzlemde tedavi 2 modelinde mandibulada bir deplasman tespit edilemedi.

Y ekseninde meydana gelen hareketse, mandibulanın geriye doğru hareketi şeklinde idi.

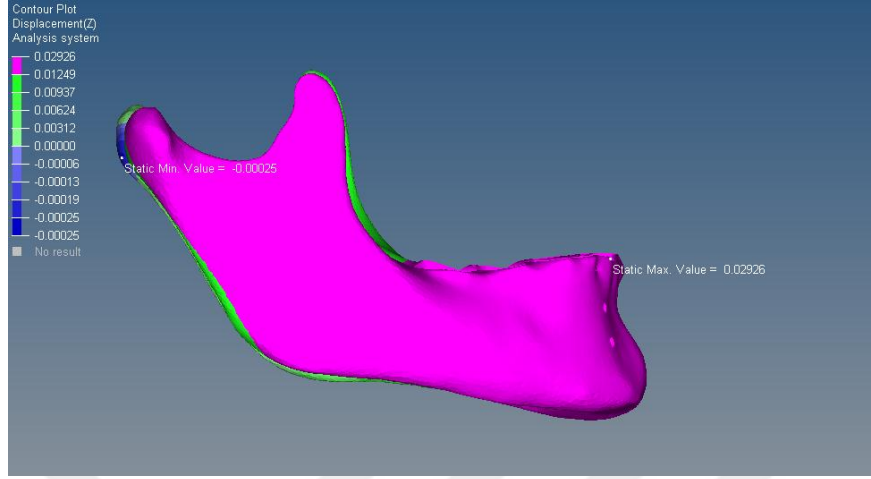
En yüksek değer kondilde olarak 387×10^{-5} mm kaydedildi (Şekil 4.60).



Şekil 4.60: Tedavi 2 Modeline Ait Y Ekseni Deplasman Değerleri

Z ekseninde mandibula incelendiğinde mandibulada genel olarak yukarı doğru hareket gözlemlendi. En yüksek değer 2926×10^{-5} mm anteriorda keser dişlerin koronal kısmındaki

kemikte ölçülse de genel olarak tüm mandibulada renk skalası aynı aralıktaydı. Sol taraf kondil başındaysa 25×10^{-5} mm aşağı hareket gözlemlendi (Şekil 4.61).

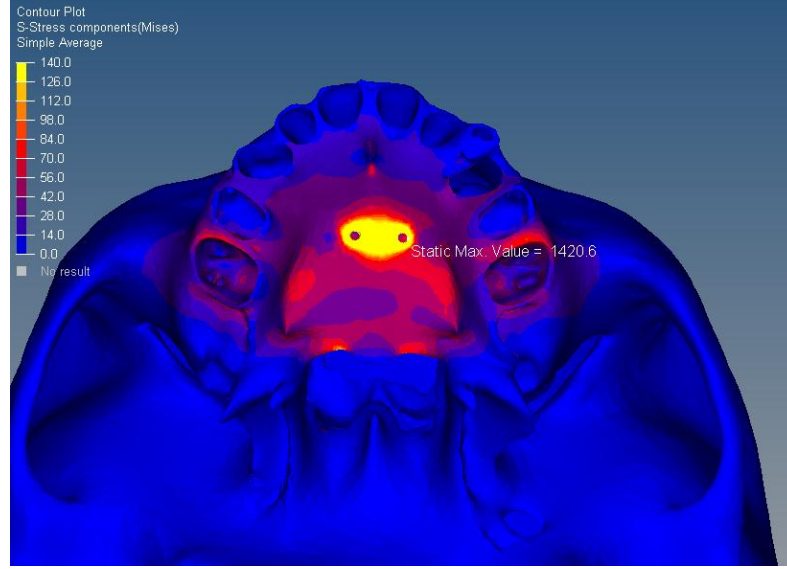


Şekil 4.61: Tedavi 2 Modeline Ait Z Eksenli Deplasman Değerleri

4.3. Tedavi 3 Modeline Ait Bulgular

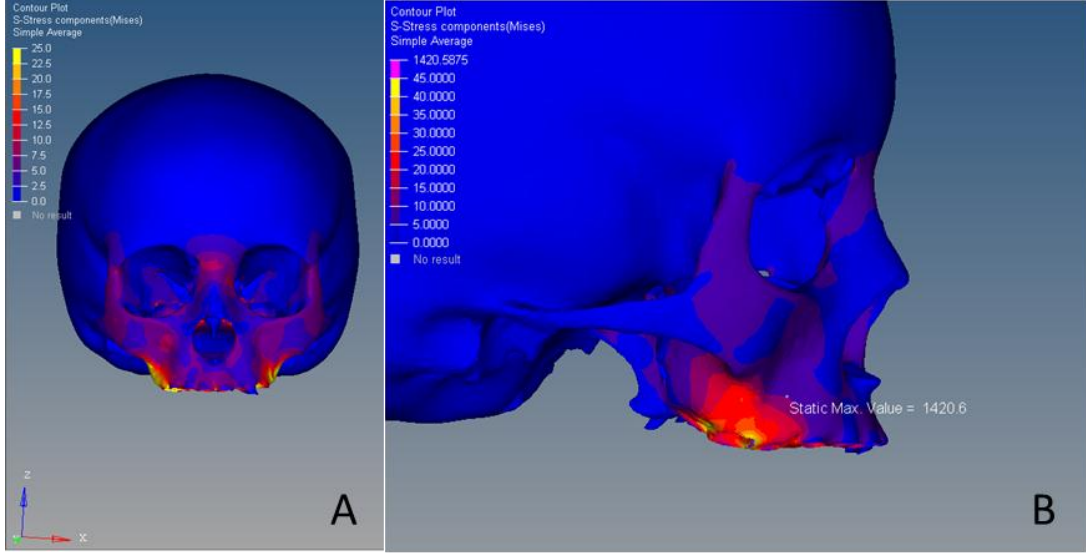
4.3.1. Kortikal Kemiğe Ait Bulgular

Üçüncü modelde ölçülen en yüksek von Mises 1420,6 MPa ile hibrid hyraxın uygulandığı vidaların çevresinde görüldü. Vidalar çevresinde yoğunlaşan bu değerler vidalardan dişlere doğru azalmakla beraber tüm palatinal bölgede yoğun olarak ölçüldü. Maksiller anterior dişler çevresinde düşük von Mises değerleri ölçüldü bu değerler posterior dişlere doğru artarken daimi birinci molar dişlerin etrafında, özellikle mezial kısmında yüksek olarak gözlemlendi (Şekil 4.62).



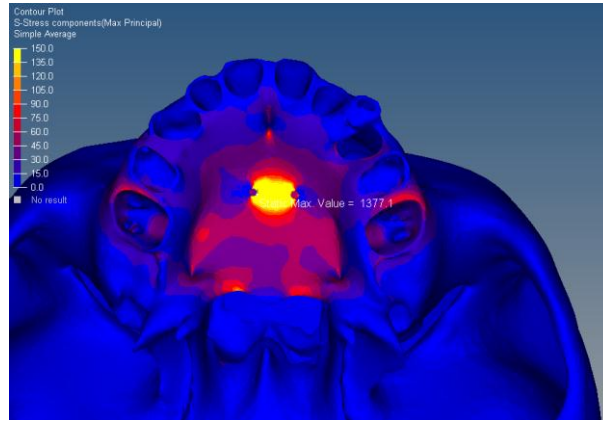
Şekil 4.62: Tedavi 3 Kortikal von Mises Değerleri (Palatinal)

Model frontalden ve lateralden incelendiğinde von Mises değeri posterior dişlerin bukkalindeki alveol kretinde ve zigomatik krestte yoğunken, yukarıya ve öne doğru azalmaktaydı. Von Mises değerleri glabellada frontal kemiğin zigomatik çıkıntısında sonlanmaktaydı. Frontonasal sutureda, zigomatikofrontal sutureda, infraorbital alanda değerler yaklaşık 10 MPa olarak ölçüldü. Lateral incelemede en yüksek gerilme daimi birinci molar dişin socketinin mezialinde 40 MPa değerinde ölçüldü. Öne ve yukarı doğru azalırken kanin bölgesindeki alveol krette tekrar artıyordu. Zigomatikomaksiller suture ve frontonasal suture çevresinde 10-15 MPa değerindeydi (Şekil 4.63).



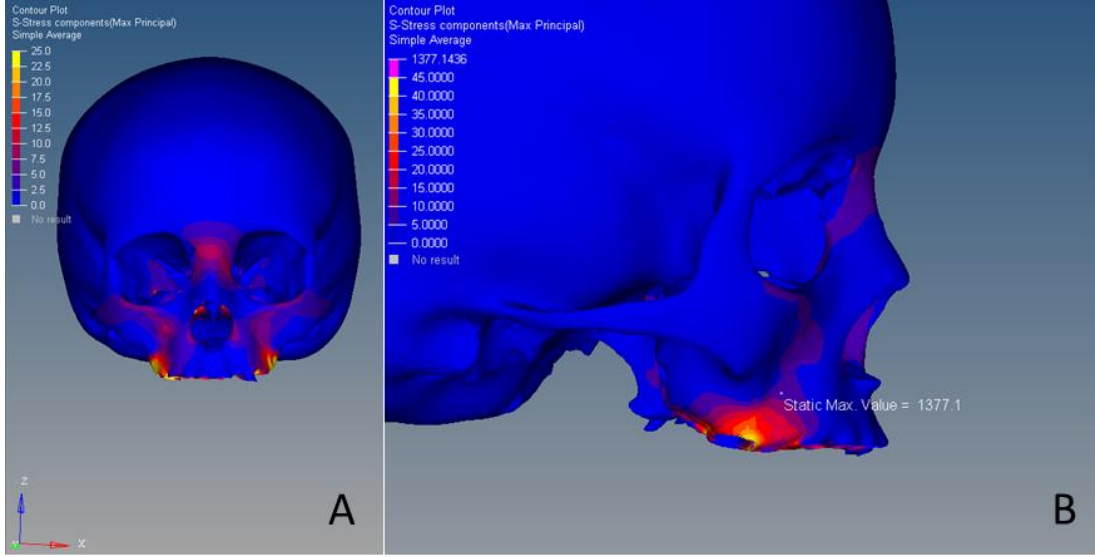
Şekil 4.63: Tedavi 3 Kortikal von Mises Değerleri A) Frontal B) Lateral

Maksillaya ait en yüksek Pmax değeri hibrid hyraxın destek aldığı vidalar çevresinde 1377,1 MPa olarak ölçüldü. Palatinal bölgede Pmax değerleri genelde yoğun olarak dağılmakla birlikte hyrax kollarının altındaki alanda vida çevresindeki kadar olmasa da yüksek olarak izlendi. Pmax değerleri özellikle birinci daimi molar dişin soketinde alveol kretinin meziobukkal alanında 75-90 MPa aralığında ölçüldü (Şekil 4. 64).



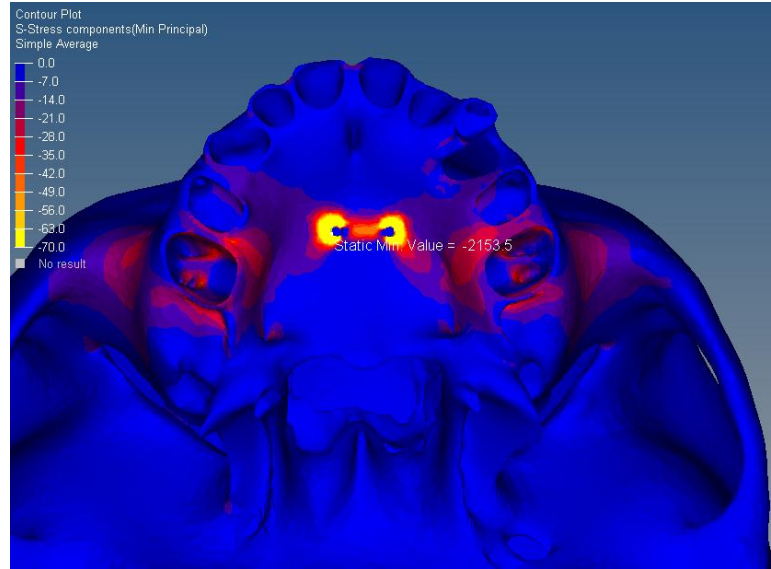
Şekil 4.64: Tedavi 3 Kortikal Pmax Değerleri (Palatinal)

Frontal incelemede Pmax değerlerinin posterior alveol kretinde zigomatik krestte, zigomatikomaksiller sutureda ve frontanasal sutureda yoğunlaştığı görüldü. Lateral incelemedeyse Pmax yoğunluğunun birinci daimi molar soketinin mezialinde oluştuğu görüldü. Orbita alt kenarında, zigomatikomaksiller sutureda ve frontonasal sutureda ise Pmax değerleri yaklaşık 15 MPa olarak ölçüldü (Şekil 4.65).



Şekil 4.65: Tedavi 3 Kortikal Pmax Değerleri A) Frontal B) Lateral

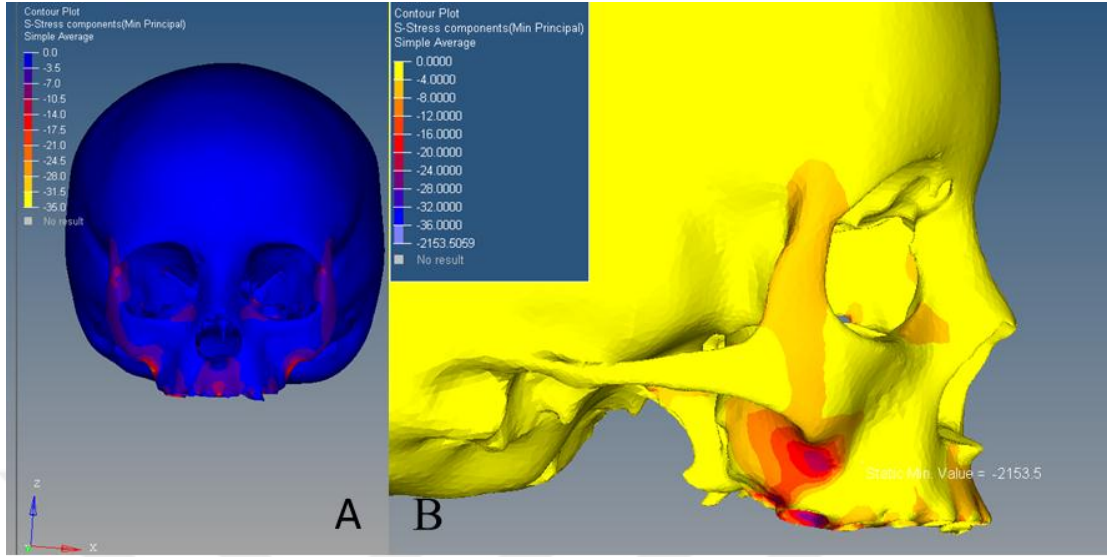
Üçüncü modeldeki en düşük Pmin değeri -2153,1 MPa ile hibrid hyrax'ın destek aldığı vidalara komşu kemikte ölçüldü. Vidalardan sağa ve sola doğru gidildikçe değerler artıyordu. Hyrax'ın destek aldığı daimi molar dişlerin palatinal alveol kretindeyse özellikle meziopalatinal ve distal krette tekrar azalarak -35 MPa değerlerine düşmekteydi. Anterior ve posterior palatinal bölgede değerler sıfırdı (Şekil 4.66).



Şekil 4.66: Tedavi 3 Kortikal Pmin Değerleri (Palatinal)

Model frontalden incelendiğinde Pmin değerleri burun tabanı altında, zigomatik krestte, zigomatik kemik korpusunda ve frontal çıkıntısında ve posterior alveol krette

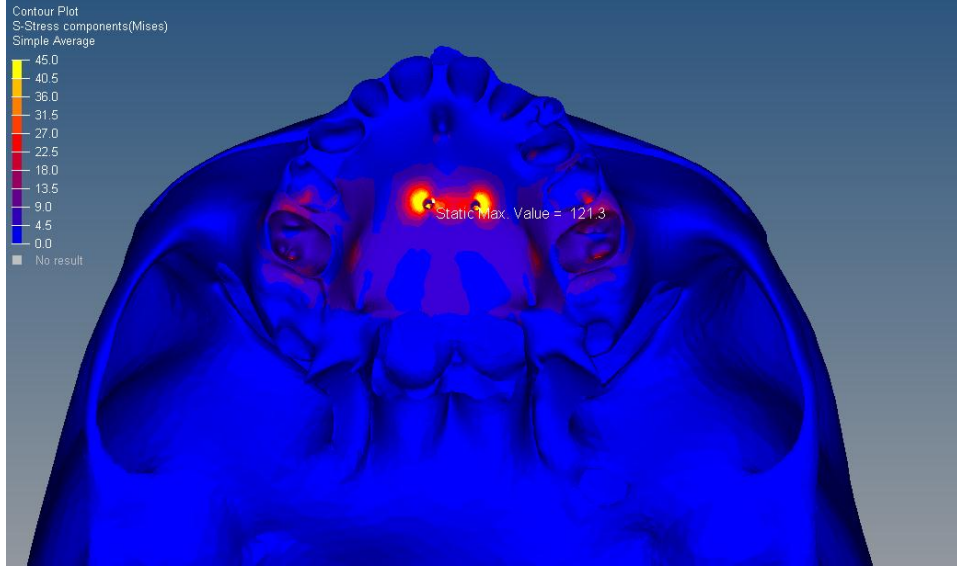
yoğunlaşmaktaydı. Lateral incelemede yse Pmin değerleri özellikle zigomatik krestte ve daimi birinci molar diş socketinde yoğunlaşıyordu (şekil 4.67).



şekil 4.67: Tedavi 3 Kortikal Pmin Değerleri A) Frontal B) Lateral

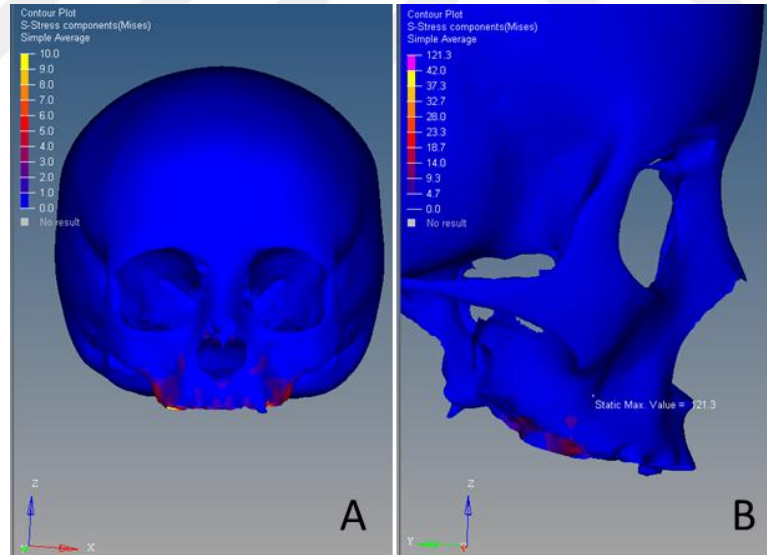
4.3.2. Spongioz Kemiğe Ait Bulgular

nc modelde spongioz kemik için en yüksek von Mises gerilmesi hyrax vidasının çevresindeki kemikte 121,3 MPa olarak ölçüldü. Anteriora doğru yayılma çok kısıtlyken posteriora doğru T şeklinde bir alana yayılarak sonlanmaktaydı. Daimi birinci molar diş socketinin meziobukkal ve distalinde yaklaşık 25 MPa gerilme oluşmaktaydı (şekil 4.68).



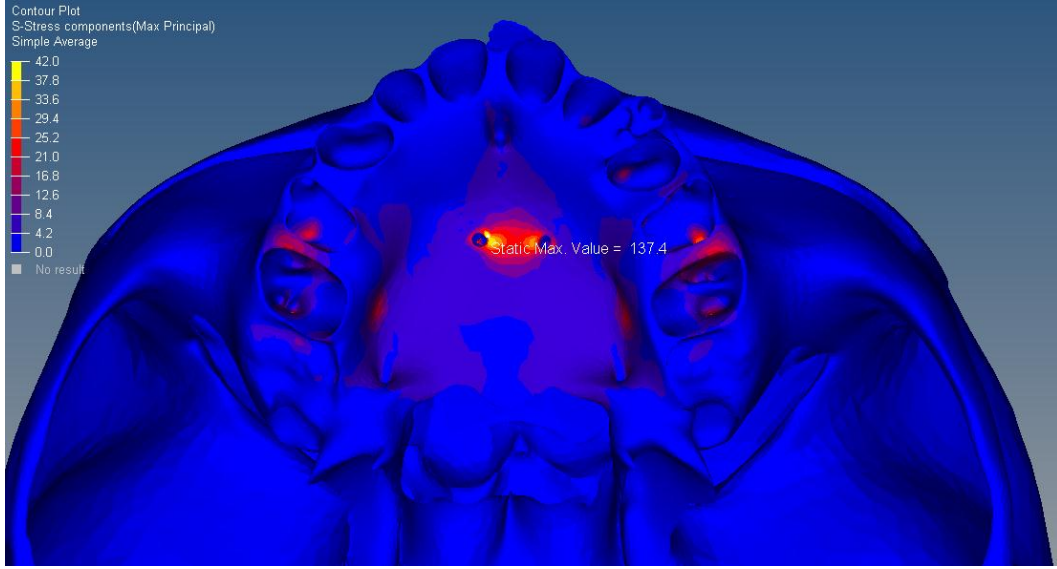
Şekil 4.68: Tedavi 3 Spongioz von Mises Değerleri (Palatinal)

Frontalden bakıldığında Von Mises gerilme değerlerinin posterior alveol krette yoğunlaştığı göze çarpyordu. Lateral incelemede yoğunluğun özellikle daimi molar dişin soketinde mezialde ve distalde oluştuğu görünmekteydi (Şekil 4.69).



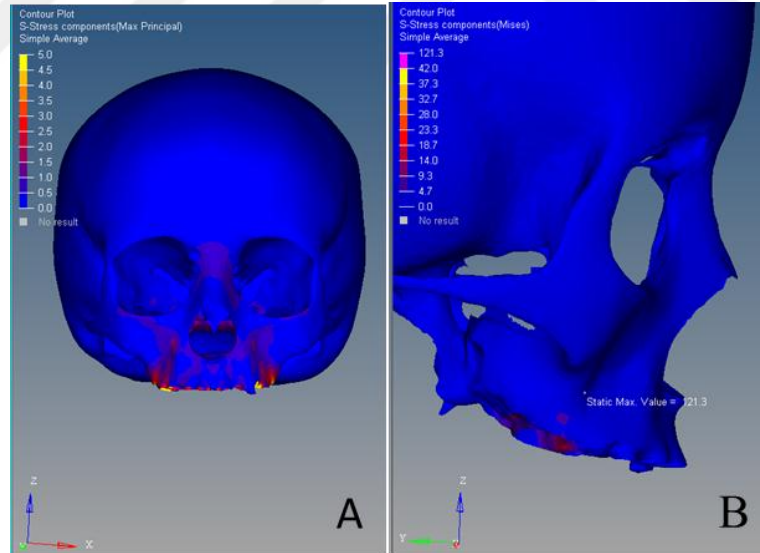
Şekil 4.69: Tedavi 3 Spongioz von Mises Değerleri A) Frontal B) Lateral

Pmax değeri en yüksek olarak 137,4 MPa ile vidalar çevresinde oluşmaktaydı. Bu değerler posteriora ve anteriora doğru azalırken, molar diş soketinin meziobukkalinde, distobukkalinde ve palatinal kök ucunda artmaktaydı (Şekil 4.70).



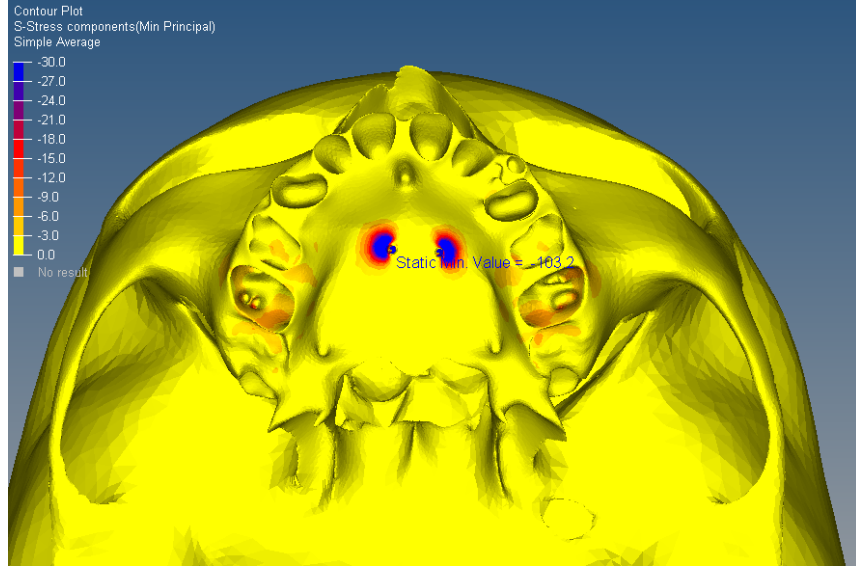
Şekil 4.70: Tedavi 3 Spongiöz Pmax Değerleri (Palatinal)

Frontalden bakıldığında posterior alveol krette infraorbital bölgede ve frontonasal suture çevresinde Pmax değerleri göze çarpmaktaydı. Lateral incelemedeyse daimi molar diş soketinde özellikle mezialinde yüksek değerler belirlendi (Şekil 4.71).



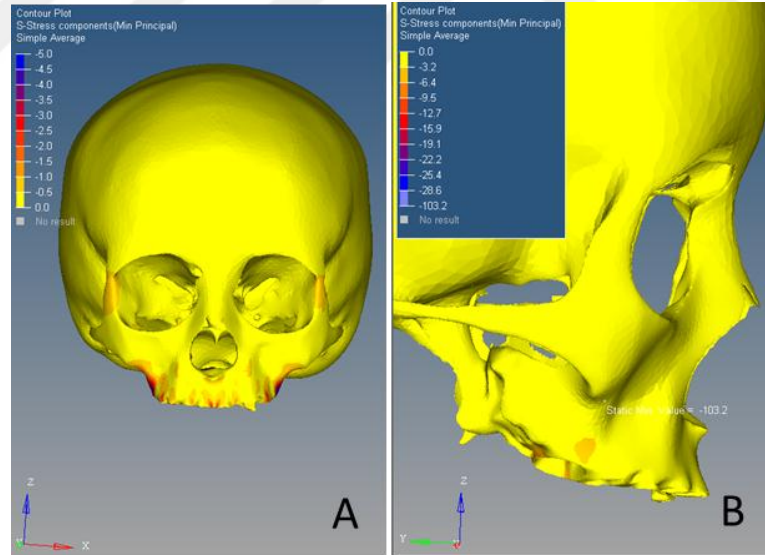
Şekil 4.71: Tedavi 3 Spongiöz Pmax Değerleri A) Frontal B) Lateral

Üçüncü model için en düşük Pmin değeri -103,2 MPa ile hyrax vidaların çevresinde izlendi. Pmin değerleri daimi molar dişlerin palatinal soketinin distalinde -15 MPa civarındaydı (Şekil 4.72).



Şekil 4.72: Tedavi 3 Spongioz Pmin Değerleri (Palatinal)

Frontal incelemede Pmin değerleri zigomatik krestte düşük olmakla beraber; değerlerin zigomatik kemiğin frontal çıkıntısında, burun tabanı altında ve anterior alveol krestte yoğunlaştığı gözlemlendi (Şekil 4.73).

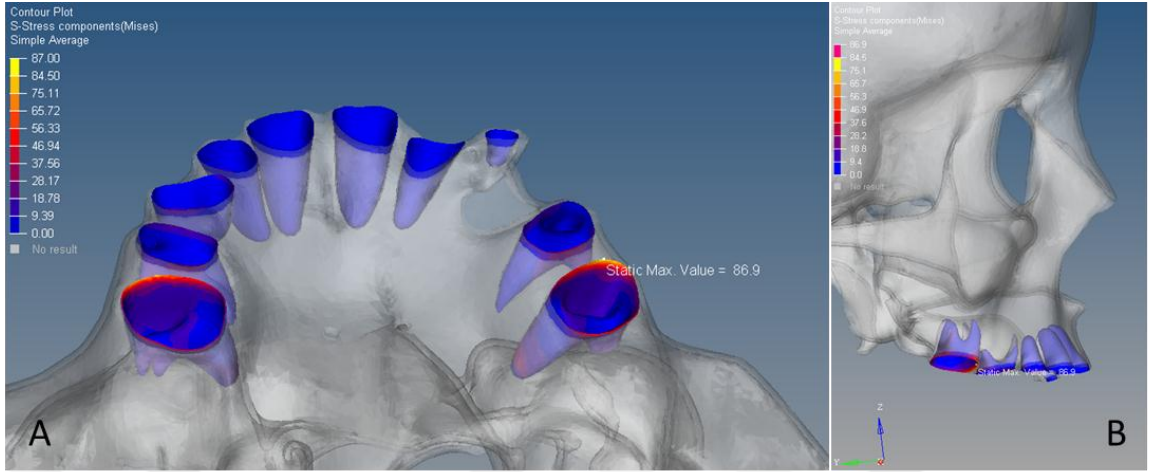


Şekil 4.73: Tedavi 3 Spongioz Pmin Değerleri A) Frontal B) Lateral

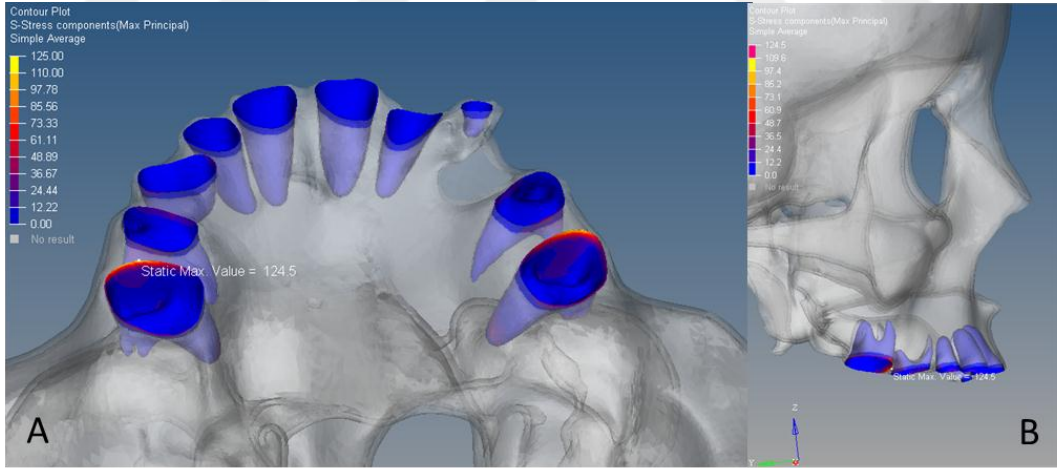
4.3.3. Maksiller Dişlerin Periodontal Ligamentlerine Ait Bulgular

Üçüncü modelde PDL'ye ait en yüksek von Mises gerilmesi 86,9 Mpa ile daimi birinci molar dişin meziobukkalinde ölçüldü. Aynı dişin distalinde, palatinal kök ucunda ve

ikinci süt molar kolesinin distalinde von Mises gerilmeleri mevcutken anterior dişlerde değer sıfırdı (şekil 4.74).

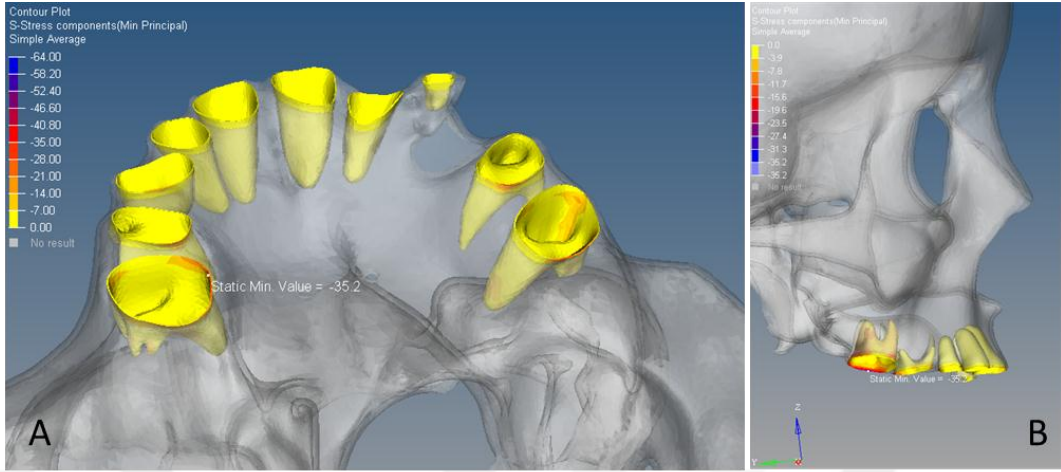


şekil 4.74: Maksiller Periodontal Ligament von Mises Değerleri A) Palatinal B) Lateral Pmax değerleri von Mises'le benzer şekilde en çok birinci molar dişin meziobukkalinde lld ve değeri 124,5 Mpa idi. Distal kısmında ise yaklaşık 50 MPa değerindeydi (şekil 4.75).



şekil 4.75: Maksiller Periodontal Ligament Pmax Değerleri A) Palatinal B) Lateral

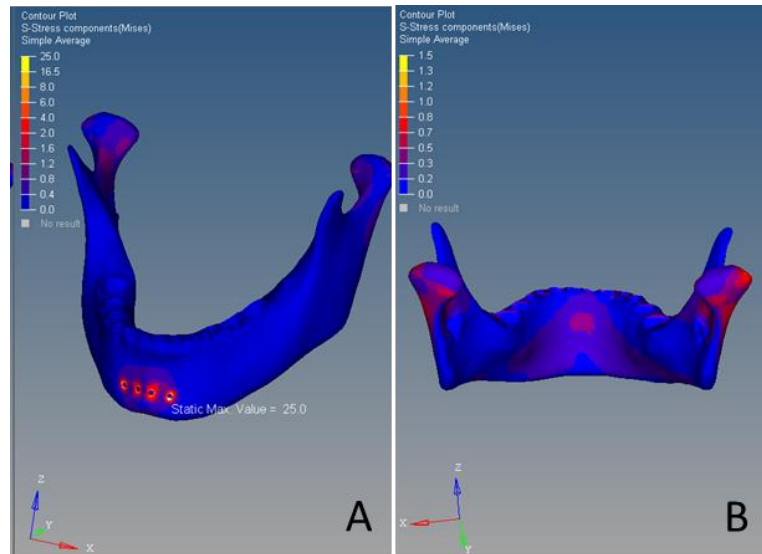
Pmin değeri en düşük olarak -35,2 MPa ile daimi birinci molar dişin meziopalatinal kısmında ölçüldü. Anterior dişlerde Pmin değeri sıfırdı (Şekil 4.76).



Şekil 4.76: Maksiller Periodontal Ligament Pmin Değerleri A) Palatinal B) Lateral

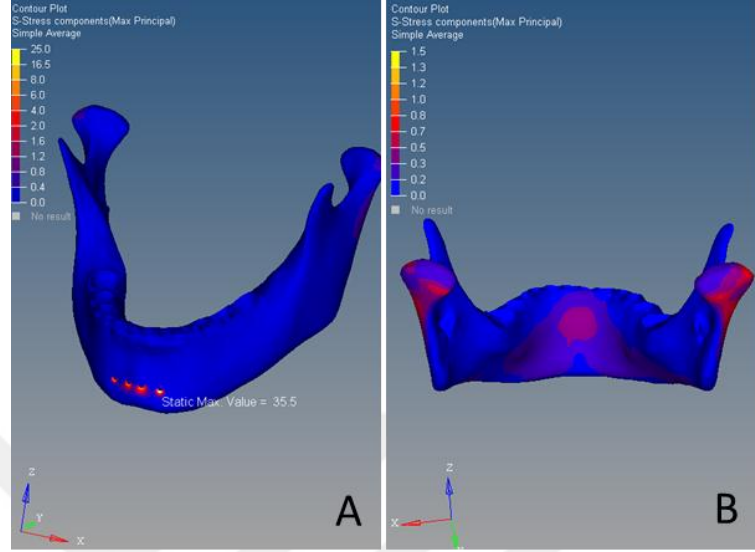
4.3.4. Mandibulaya Ait Bulgular

Üçüncü modelde mandibula kortikal kemikte oluşan en yüksek von Mises gerilmeleri miniplağın sabitlendiği vidalar çevresinde 25 MPa olarak ölçüldü. Von Mises değerleri kondil başı lateralinde yoğunlaşırken aşağı ve mediale doğru azalmaktaydı. Kondil başı posteriorunda ve kondil boynunda lokalize olarak artmaktaydı (Şekil 4.77).



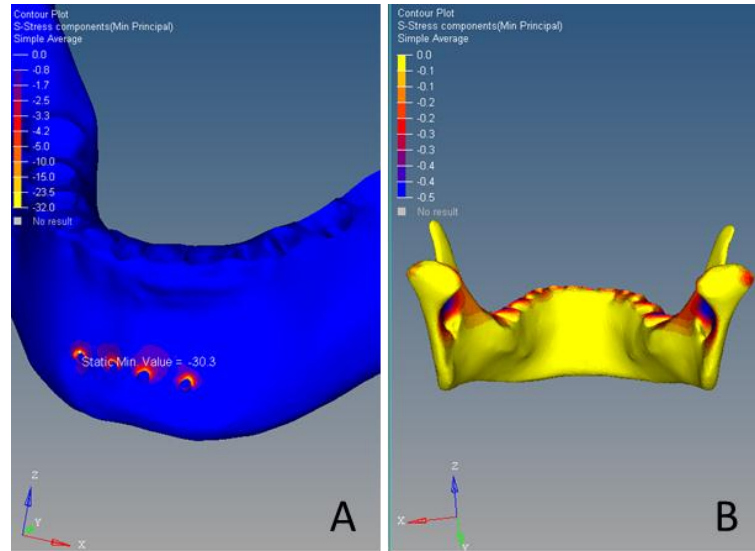
Şekil 4.77: Mandibular Kortikal Kemik von Mises Değerleri A) Anterior B) Posterior

Pmax değeri en yüksek 35,5 MPa ile miniplak vidaları çevresinde oluştu. Kondil başı lateralinde, posteriorunda ve kondil boynu lateralinde Pmax değerleri izlendi (Şekil 4.78).



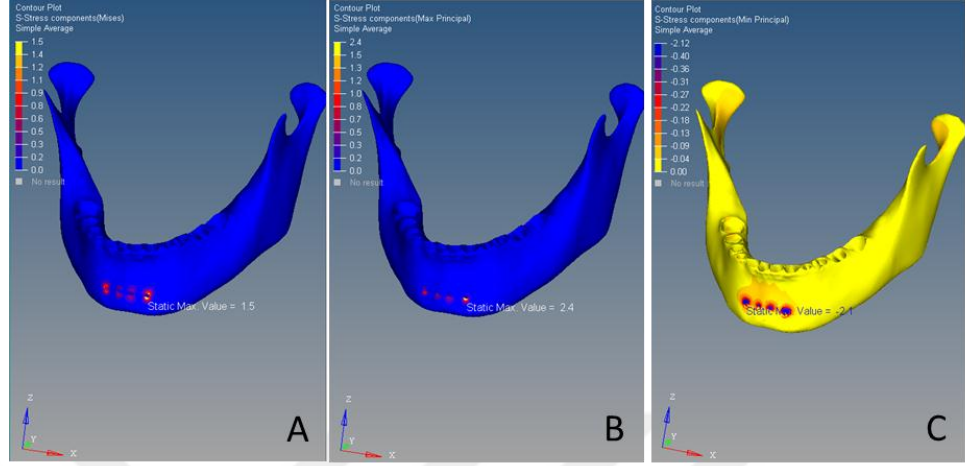
Şekil 4.78: Mandibular Kortikal Kemik Pmax Değerleri A) Anterior B) Posterior

Pmin değerleri kondil boynu lateralinde yoğunlaşmaktaydı ve en düşük olarak da -30,3 MPa ile miniplak vidalarının yukarısında oluşmaktaydı (Şekil 4.79).



Şekil 4.79: Mandibular Kortikal Kemik Pmin Değerleri A) Anterior B) Posterior

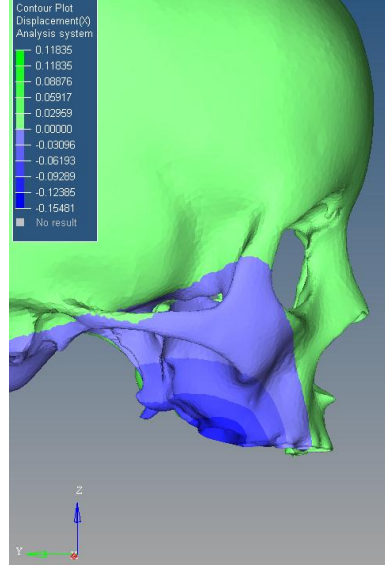
Spongioz kemikte oluşan en yüksek von Mises, Pmax gerilmeleri ve en düşük Pmin gerilmesi miniplağı taşıyan vidaların çevresinde oluşmaktaydı ve sırasıyla 1,5 MPa, 2,4 MPa ve -2,1 MPa değerindeydi (şekil 4.80).



Şekil 4.80: Mandibula Spongioz von Mises (A)–Pmax (B)-Pmin (C) Değerleri

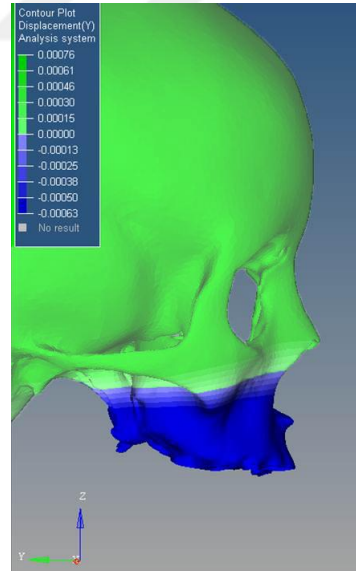
4.3.5. Maksillaya Ait Deplasman Bulguları

Tedavi 3 modelinde X eksenindeki deplasman değerleri molar dişi merkez alarak 15481×10^{-5} mm olarak başlamakta ve yukarıya, öne ve arkaya doğru azalarak devam edip zigomatik kemiğin frontal çıkıntısına kadar uzanmaktaydı. Anterionda değerler sıfırdı (Şekil 4.81).



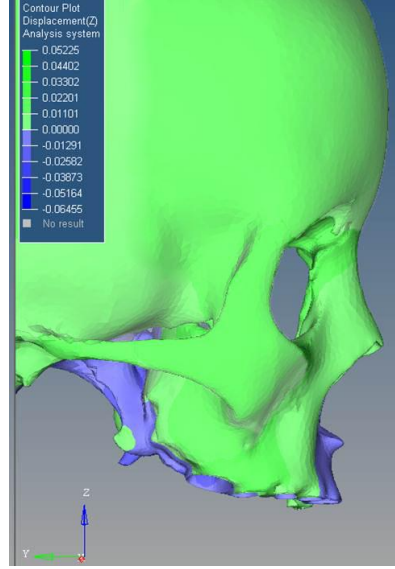
Şekil 4.81: Tedavi 3 Modeline Ait X Ekseni Deplasman Değerleri

Y ekseninde neredeyse homojen yoğunlukta Le Fort I düzeyinde maksillada öne hareket göze çarpmaktaydı. En yüksek değer 63×10^{-5} mm idi (Şekil 4.82).



Şekil 4.82: Tedavi 3 Modeline Ait Y Ekseni Deplasman Değerleri

Z ekseni deplasman değerlerinde maksillada anteriorda ve posteriorda eşit değerler bulunmaktaydı ve 1291×10^{-5} mm civarında aşağı doğruydı. Anteriorda vertikal hareket sadece burun tabanı altındaki alanda sınırlı kalmaktaydı (Şekil 4.83)

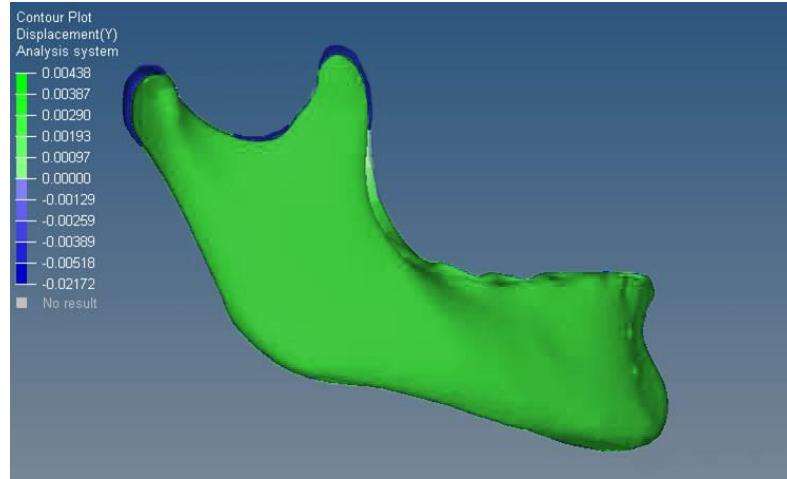


Şekil 4.83: Tedavi 3 Modeline Ait Z Eksenine Deplasman Değerleri

4.3.6. Mandibulaya Ait Deplasman Bulguları

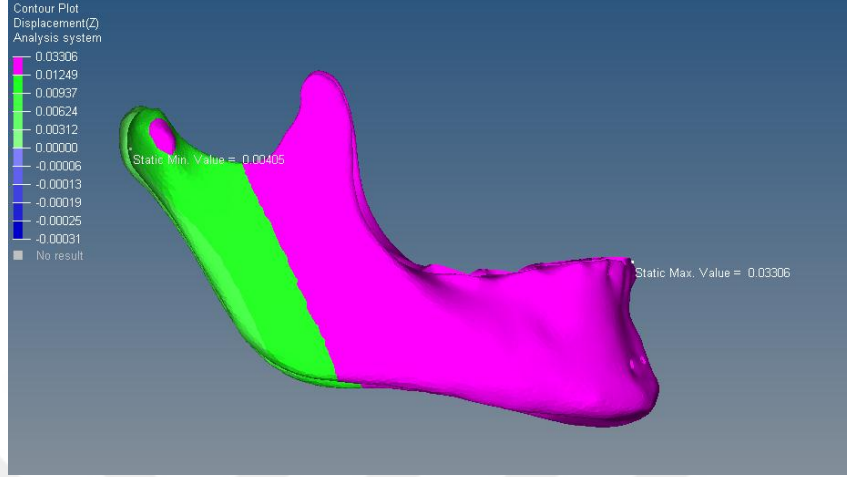
Mandibulada transversal hareket tespit edilemedi.

Sagittal deplasmanda mandibula kütleli olarak geriye doğru hareket etmekle birlikte en yüksek değer kondil başında 438×10^{-5} mm olarak ölçüldü (şekil 4.84).



Şekil 4.84: Tedavi 3 Modeline Ait Y Eksenine Deplasman Değerleri

Z ekseninde deplasman değerine bakıldığında tedavi 3 modelinde korpusta, ramusun anterior yarısında 3306×10^{-5} mm civarında yukarı deplasman meydana geldi. Ramusun arka yarısındaki yukarı hareket miktarıysa 937×10^{-5} mm civarındaydı (Şekil 4.85).



Şekil 4.85: Tedavi 3 Modeline Ait Z Ekseninde Deplasman Değerleri

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. Amacın Tartışılması

Yüz maskesinin maksiller protraksiyonda etkili olup mandibular prognatiyi önlemesi, bu apareyin özellikle maksiller retrognatiye sahip iskeletsel Sınıf III anomalilerin tedavilerinde kullanılan en etkili yöntemlerden biri olmasını sağlamıştır (37, 131). Geleneksel FM tedavisinde alın ve çene ucundan destek alınarak, ağız içi ankraj ünitesine (sıklıkla maksillanın protraksiyonuna pozitif etkileri olan RME apareyi) lastiklerle kuvvet uygulanmakta ve maksillanın öne doğru hareketi istenmektedir. Dişsel ankraj kullanan sistemler, bazı istenmeyen yan etkileri de beraberinde getirmektedir. Uygulanan kuvvetin bir kısmı PDL'de kaybolduğu için, kuvvetin direkt olarak süturalara iletilmesi zorlaşmaktadır. İskeletsel etkinin amaçlandığı tedavide, maksiller molar dişlerde ekstrüzyon ve mezializasyon, maksiller keserlerde protrüzyon ve mandibular keserlerde retrüzyon gibi istenmeyen diş hareketleri meydana gelmektedir (11, 59, 132, 133). Bir diğer önemli husus da apareyin ağız dışından olması ve preadölesan çocuklarda mutlak kooperasyon gerektirmesi, bunun sağlanmasının ise zor olmasıdır (80, 130) . Bu sebeple araştırmacılar yan etkileri elimine etmek ve estetik dezavantajı ortadan kaldırmak amacıyla ağız dışından görünmeyen iskeletsel destekli sistemler geliştirmişlerdir (17, 21).

Konvensiyonel diş destekli apareyler istenmeyen dişsel etkilere sebep olmaktadır ve bu apareylerin etkili tedavi zamanlaması süt dişlenme ve erken karışık dişlenme dönemleriyle sınırlandırılmıştır (83, 134). Bununla birlikte, iskelet destekli bir aparey kullanılması, dişsel yan etkileri azaltarak geç karışık veya daimi dişlenme döneminde tedavinin başarılı bir şekilde uygulanmasını sağlamıştır (17, 19, 135, 136). Miniplakların yerleştirilmesi ve çıkarılması invaziv flep operasyonu gerektirmektedir. İkili (sağlı-sollu) yerleştirme maliyeti, riski ve invazivliği iki katına çıkartmaktadır (21, 130). Bu nedenle, böyle bir prosedür özellikle büyüyen hastalar için agresif olarak kabul edilebilmektedir. Öte yandan palatal minividalalar, herhangi bir hayati anatomik yapıya risk oluşturmadan, flepsiz olarak ve kesi olmadan uygulanabilmektedir (21, 130).

Bugün gelinen noktaya baktığımızda ortodontide maksiller retrognatiye bağlı Sınıf III olan hastalarda istenilen durum iskeletsel olarak maksillanın dişsel yan etkiler olmaksızın ilerletilmesidir. Bu anlamda iskeletsel ankrajın daha üstün olduğu görülmektedir. Ancak; hem kooperasyonu arttırdığı düşünülen hem de direkt olarak iskeletsel etki ettiği savunulan bu iki intermaksiller elastik yöntemlerinin etkileri tam olarak bilinmemektedir. Yöntemlerin etkinliği için yeterli çalışma ve araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Yapılan literatür taramasında, intermaksiller lastiklerle yapılan maksiller protraksiyon çalışma sayısının sınırlı kaldığı ve olanların da genelde vaka raporu (79, 80, 137, 138) olduğu görülmüş, bu sistemlerin etkileri üzerine yapılmış sonlu elemanlar analizi çalışmasına ise rastlanmamıştır. Bu alandaki eksiklikleri gidermek amacıyla, iskeletsel Sınıf III maloklüzyonların tedavisinde kullanılan FM, kemik destekli maksiller protraksiyon ve hibrid hyrax+mentoplate kombinasyon yöntemlerinin biyomekanik etkilerini, in vitro olarak uygulanan gerilme analizleri içinde avantajları ortaya konulmuş olan sonlu elemanlar analizi ile karşılaştırmalı incelemek üzere çalışmamız planlandı.

5.2. Materyal ve Metodun Tartışılması

Ortodontide yardımcı ve güvenilir bir matematiksel araç olan sonlu elemanlar metodu kullanılarak uygulanan kuvvet yönü ile kraniomaksiller kompleksin yer değiştirmesi ve stres dağılımı arasındaki ilişkiyi araştırmak için biyomekanik çalışmalar yapılmıştır (82, 139). Ayrıntılı ve gerçekçi simülasyon için rafine edilmiş sonlu elemanlar modeli anahtardır. Sonlu elemanlar modelinin hassasiyeti, geometrik modelin hassasiyetine ve hesaplama gridinin kalitesine bağlıdır (119). Bu çalışmada, bilgisayarlı tomografi taramaları kullanarak yüksek kaliteli görüntüler elde ettik ve sonra dijital hacim rekonstrüksiyonu ile geometrik modeli yeniden oluşturduk. Araştırmacılar bilgisayarlı tomografi taramalarından doğrudan elde edilen verilerin sonlu elemanlar analizi modellemesi için güvenilir olduğunu belirtmektedir (140, 141). Miyasaka-Hiraga ve ark.(142) 1994'te kafatası için 1776 elemandan oluşan bir sonlu eleman modeli oluşturmuştur. Holberg ve ark.(120), 2007 yılında 53.555 tetrahedral eleman ve 97.550 düğümünden oluşan kafatası sonlu elemanlar modeli oluşturmuştur. Boryor ve ark.(143) 2008 yılında 2.403.023 tetrahedral elemandan ve 514.224 düğümünden oluşan kafatası

sonlu elemanlar modelini kullanmışlardır. Hekzahedral elemanlar, karmaşık geometriye sahip sonlu elemanlar modelleri için tetrahedral elemanlara kıyasla daha hassas ve güvenilirdir (138). Bizim çalışmamızda 4.250.445 tetrahedral elemandan ve 828.747 düğümünden oluşan kafatası sonlu elemanlar modeli kullanıldı. Kullanılan eleman ve düğüm sayısındaki fazlalığın, modeli daha gerçekçi yaptığını düşünmekteyiz.

Temporomandibular eklem (TME), sınırlandırılmış hareket kabiliyeti olan ginglimoartroidal bir eklemdir. TME, hem rotasyon hem translasyon hareketi yapabilen vücudun en karışık eklemidir (144, 145). TME'nin ligament, disk, eklem sıvısı gibi karmaşık komponentleri nedeniyle yapısını tam anlamıyla geometrik model haline getirmek imkansızdır. Bu tez çalışmasında sadece disk modellenerek üç model için de diğer yapılar gözardı edildi. Bu modellerin üçü de aynı koşullarda olduğu için kıyaslama yapılarak sonuçların anlam kazandığı düşünülmektedir.

Heymann ve ark. (17) yaptıkları çalışmalarında maksiller yetersizliğe sahip, yaşları 10-13 yıl arasında değişen 3 kız 3 erkek hastayı, De Clerck ve Bacetti (84) maksiller yetersizlik görülen, yaşları ortalama 11.10 olan 21 Sınıf III maoklüzyonlu hastayı, Nguyen ve ark.(85) maksiller yetersizliğe bağlı Sınıf III maloklüzyona sahip, yaşları 9 ve 13 yıl arasında değişen 25 vakayı maksillada sağ ve sol zigomatik buttress bölgelerine ve mandibulada lateral ve kanin dişler arasına yerleştirdikleri miniplaklar arasında intermaksiller Sınıf III elastikler kullanarak tedavi etmişlerdir. Doku iyileşmesini göz önünde bulundurarak önce herbir taraf için 150 g kuvvetle başlayıp 3. ayda 250 g kuvvete çıkmışlardır. Bu tez çalışmasında ise prepubertal hastaya ait tomografi görüntülerinden elde edilen model üzerine sağ ve sol zigomatik buttress bölgesi ile altta kanin ve lateral kesici dişler arasına miniplaklar yerleştirildi. Yukarıdaki bahsedilen çalışmalarda (84, 85) olduğu gibi üst çenedeki plaklar 3, alt çenedekiler 2 adet 2,3 mm çapında 5 mm uzunlukta vidalarla sabitlendi ve iyileşme süreci olmadığı için herbir tarafa 250 g kuvvet uygulandı.

Zigomaya uygulanan miniplakların, özellikle bazı prepubertal hastalarda bu alanın kısıtlı olması nedeniyle, uygulamasında zorluk yaşanabileceği bildirilmiştir (18). Bu dezavantajın üstesinden gelebilmek için, 2011' de Benedict Wilmess (21) anterior damakta sadece iki mini implant gerektiren yeni bir sagittal iskelet desteği seçeneği geliştirmiştir. Benefit sisteminde geçici ankraj aygıtını (minivida), protraksiyon

apareyiyle güvenli bir şekilde bütünleştirmek için hyrax vida kullanmıştır. Benedict maksillanın öne ilerletmesini uyarmak için rapid ekspansiyonla midpalatal süturun açılmasını tavsiye etmiştir. Yazara göre diş-kemik destekli hibrid hyraxla dişlerin mezial migrasyonu engellenebilir ve aynı zamanda eş zamanlı RME'ye olanak sağlanır ve maksiller protraksiyona iskeletsel destek sağlanır. De Clerck (17) mandibular miniplakları daimi kanin dişler sürdükten sonra yerleştirmiştir. Bunun tersine Benedict ise, miniplağı yerleştirmek için kanin diş sürmesinin beklenme dezavantajını ortadan kaldırmak için mentoplate'i geliştirmiştir. Benedicte göre mentoplate alt keserlerin apikaline yerleştirilmekte ve daha küçük yaşlarda kullanılmakta ve böylelikle tedavinin etkinliği artırılmaktadır. Yazara göre altta mentoplate ile üst arkta hibrid hyraxla kuvvet sadece iskeletsel yapılara aktarılabilmektedir.

Hibrid hyrax mentoplate kombinasyon yöntemiyle yapılan çalışma sayısı çok sınırlıdır ve birkaç yazarın vaka örneklerinden ibarettir (21, 130). Bizim çalışmamızda prepubertal hastanın BT görüntülerinden elde edilen model üzerine hibrid hyrax mentoplate yöntemi modellenerek herbir taraf için 250 g kuvvet uygulandı ve aynı zamanda hyrax vidası herbir taraf için 0,125 mm olarak toplamda 0,25 mm olacak şekilde aktive edildi (146).

İskeletsel Sınıf III maloklüzyonlar, çeşitli koşullar ve kalıplarda görülür. Maksillanın büyümesinde bir azalma, sadece antero-posterior sorunlara neden olmakla kalmaz, aynı zamanda, birçok durumda posterior çapraz kapanışla seyreden, transversal bir varyasyona da neden olur. Haas (147) RME'nin maksillanın öne aşağıya tipingine ve mandibulanın aşağı ve geriye rotasyonuna neden olan ortopedik etkisini bildirmiştir. Bu ortopedik değişimler Sınıf III düzeltmesine katkı sağlamaktadır. RME, transversal uyumsuzlukların düzeltilmesi için ve aynı zamanda dokuz adet sirkummaksiller süturun yeniden modellenmesiyle maksillanın ilerletilmesi için etkilidir. Turley (148) palatal genişletmenin maksillanın diğer kemiklerle eklem yaptığı sutureları etkileyerek bunlarda hücresel tepkileri başlattığını belirtmiştir. Yu ve ark. (122) yaptıkları sonlu elemanlar analizi çalışmasında, 500 g şiddetinde protraksiyon kuvvetini birinci küçük azı dişleri hizasından ve oklüzal düzlemle aşağı doğru 20° açı yapacak şekilde, tek başına ve RME ile birlikte uygulamışlar ve sirkummaksiller suturelardaki gerilmeleri değerlendirmişlerdir. Bizim çalışmamızda üçüncü tedavi modelinde apareyde RME'nin

zaten varolması sebebiyle ve RME'nin maksiller ilerletmeye olumlu katkılarının çalışmalarda tespit edilmesi nedeniyle RME tüm modellerde kullanıldı.

Yüz maskesi tedavisinde kuvvetin uygulanma noktası ve yönü; maksillanın hareket yönünü etkilemekte, maksilla paralel, saat yönünde veya saat yönünün tersine rotasyona uğrayarak hareket etmektedir. Tedavilerde genelde maksillanın saat yönünün tersine rotasyon yapmadan aşağı ve öne doğru translasyon hareketi yapması tercih edilir. Tanne ve ark. (118) sonlu elemanlar analizi ile yaptıkları çalışmada maksillaya okluzal düzlemde -90° dan $+90^\circ$ 'ye kadar kuvvet uygulamışlar ve çalışma sonuçlarına göre 30° açıyla kuvvet uygulandığında maksillanın rotasyon hareketi olmadan öne doğru gittiğini bulmuşlardır. 45° açıldırmadaysa vertikal ve horizontal yer değiştirme miktarı eşit bulunmuştur. Holberg ve ark. (120) yaptıkları sonlu elemanlar analizi çalışmalarında okluzal düzlemle aşağı doğru 30° olacak şekilde kuvvet uygulamanın daha uniform streslere neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Bizim çalışmamızda maksillaya uygulanan FM okluzal düzlemle aşağı doğru 30° açı yapacak şekilde uygulanarak maksillanın mümkün olan en translatif hareketi taklit edilmeye çalışıldı. Böylelikle maksillaya uygulanan intermaksiller iskeletsel ilerletme yöntemleriyle kıyaslamada FM grubundaki maksiller rotasyon miktarı en aza indirilmeye çalışıldı.

5.3.Bulguların Tartışılması

Farklı kuvvet değerleri, sınır koşulları, düğüm ve eleman sayıları, asal gerilmeler yerine von Mises gerilmelerinin değerlendirilmesi gibi faktörler farklı gerilme değerlerinin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle sonlu elemanlar analizi kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalarda ortaya çıkan gerilmelerin büyüklükleri apareylerin kendi aralarında karşılaştırılması ile daha anlamlı sonuç vermektedir.

Tanne ve ark. (71), daimi birinci molar dişler üzerinden, 1000 g'lık protraksiyon kuvvetini farklı doğrultulardan uygulamışlar sonuçta gerilme dağılımlarının dağınık bir şekilde olduğunu tespit etmişlerdir. Süturlardaki en uniform dağılımınsa kuvvetin okluzal düzlemle 30° açıldırmada elde edildiğini bildirmişlerdir. Tanne ve ark. (69) başka bir sonlu eleman analizi çalışmalarında maksillaya molar diş hizasında okluzal düzlemle paralel ve aşağı doğru 30° açı yaparak kuvvet uygulamışlar sonuçta iki durum

için de strlardaki gerilme dağılıminın uniform olmadığını tespit etmişlerdir. Tanne ve Sakuda (119), yaptıkları sonlu elemanlar analizi çalışmasında daimi birinci büyük azı dişler bölgesinden oklüzal düzleme paralel doğrultuda 1000 g şiddetinde protraksiyon kuvveti uygulamışlar ve zigomatikomaksiller, frontozigomatik ve frontonazal straların etrafındaki kemiklerde ve zigomatikomaksiller ve frontonazal stralarda basma gerilmeleri görmüşlerdir. Aynı zamanda zigomatikomaksiller strun maksiller kemik tarafında yüksek çekme gerilmeleri görüldüğünü bildirmişlerdir. Gautam ve ark. (153) RME'li ve RME'siz 30° açıyla ve 1000 g'lık protraksiyon kuvvetiyle yaptıkları sonlu elemanlar analizi çalışmasında, en yüksek von Mises gerilmeleri sırasıyla sfenozigomatik, zigomatikomaksiller ve zigomatikotemporal stralarda bulmuşlar. En düşük gerilmeler ise internazal ve nazomaksiller stralarda görülmüştür. Yazarlara göre, stralardaki farklı basma ve çekme gerilmelerinin nedeni maksillaya uygulanan yatay yöndeki protraksiyon kuvvetidir. Yan ve ark. (138) 2013'te yaptıkları sonlu elemanlar analizi çalışmalarında iskeletsel ve dişsel ankraj ile yapılan maksiller protraksiyonu karşılaştırmışlardır. Dişsel ankraj daimi birinci molar diştn, iskeletsel ankraj ise infrazigomatik bölgeden alınmıştır. İki modele de oklüzal düzlemde aşığı doğru olacak şekilde 0°, 10°, 20° ve 30° açıyla uygulanan protraksiyon kuvvetlerinin etkileri değerlendirilmiş ve çalışmanın sonuçlarına göre aynı kuvvet vektöründe iskeletsel destekli modelde zigomatikomaksiller, zigomatikotemporal ve pterigopalatin stralarda diş destekli modele göre daha yüksek gerilme değerleri görülmüştür. Nasion ve burun kanadı bölgelerinde ise bu durumun tersi olmuştur. Yazarlar bu bulgulara dayanarak, iskelet destekli maksiller protraksiyon ile maksillanın posteriorundaki stralarda büyümeyi indkleyecek gerilmelerin oluştğn, dişsel destekli protraksiyonda ise nazal bölgede daha fazla osteogenez aktivitesinin oluştrarak profile yansımalarının daha iyi olacağını belirtmişlerdir. Lee ve Baek (137) 2012 yılında sonlu elemanlar analiziyle maksillaya apertura piriformis bölgesine ve infrazigomatik bölgeye yerleştiren miniplaklarla protraksiyon uygulamışlar sonuç olarak infrazigomatik plak kullanılan modelde frontonazal, frontomaksiller, zigomatikomaksiller ve pterigomaksiller stralarda görülen gerilmeler apertura piriformis bölgesinden destek alınan modelden daha yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte, Tanne ve Sakuda (119) ile Gautam ve ark. (139) 'nın sonuçlarıyla benzer şekilde; her iki modelde de en yüksek von Mises gerilmeleri sırasıyla pterigomaksiller, zigomatikotemporal, zigomatikomaksiller ve frontonazal stralarda görülmüştür.

Bizim çalışmamızdaki üç model için de stress dağılımları bu çalışmalarla büyük benzerlik göstermekte ve frontonasal, frontozigomatik ve zigomatikomaksiller sutur çevresindeki kemiklerde yoğunlaşmaktaydı. Bu çalışmalardan farklı olarak bukkal alveol kemikte fazla stress birikiminin olmasının RME den kaynaklandığını düşünmekteyiz. Birinci ve 2. tedavi simülasyonlarında stres dağılımının birbirine çok yakın olduğu gözlemlendi. Özellikle RME'nin direkt etkilediği alanlardaki stres dağılımının aynı olması aynı genişletme sisteminin aynı miktardaki aktivasyonundaki tutarlılığı göstermekteydi. Stres dağılımı 1. ve 2. model için hemen hemen aynıken bazı noktalarda (zigomatik kemikte, frontonasal sutureda, frontozigomatik sutureda) kemik destekli protraksiyon modelinde daha yoğun stres dağılımı meydana geldi. Üçüncü modelde meydana gelen stres dağılımları 1. ve 2. modele nazaran daha düşük yoğunlukta idi. Özellikle frontonasal sutureda, zigomatik kemikte ve zigomatikomaksiller suture çevresinde diğer modellere göre düşük stresler gözlemlenirdi. Palatinal incelemede stres dağılımı yine 1. ve 2. modelde birbirine yakinken 3. modelde bariz olarak farklıydı. Birinci ve ikinci modeldeki stres dağılımı dişlere doğru 3. modele nazaran daha fazla yayılmaktaydı. Anterior dişlerde ve süt ikinci azı dişlerindeki stresin ilk iki modelde aynı olduğu ve 3. modelden daha yüksek olduğu gözlemlendi. Bu durumda RME'nin dişsel yan etkiye 3. modelde daha az neden olacağı düşünüldü. Hibrid hyrax modelinde vida çevrelerindeki aşırı yoğunlaşmış stresin suture kuvvet iletiminde daha etkili olacağı görülmekteydi. Stresin 3. Modelde ayrıca daimi molar dişin meziobukkal soketinde artmış olması protraksiyon kuvvetinin hyrax vidasıyla indirek olarak maksiller kemiğe tam manasıyla iletilmediğini düşündürmektedir. Periodontal ligamentteki stres dağılımlarında da aynı tür RME uygulanan modellerde (1.ve 2. tedavi modellerinde) benzer stres dağılımı gözlemlendi ve stres daimi birinci molar diş ve ikinci süt azı diş çevresinde yoğundu. Üçüncü tedavi modelindeyse stres yoğunlaşma bölgesi daimi birinci molar dişin PDL'siydi.

Maksiller protraksiyonun incelendiği sonlu elemanlar analiz yönteminin kullanıldığı çalışmalarda (69, 71, 123, 139, 142, 153) FM tarafından mandibulaya ve TME'ye uygulanan kuvvet göz ardı edilmiştir. Oysa Grandori ve ark. (154) FM tedavisinde mandibulaya ve dolayısıyla TME'ye iletilen kuvvetin maksiller protraksiyonun %70-75'i olduğunu belirtmektedir. Yu ve ark. (122), maksiller protraksiyonun etkilerini RME ile ve yalnız başına incelemişler ve çalışmalarında mandibulayı modellememişler

ve bu durumun önemli bir eksiklik olduğunu ve TME modellenmesinin ileriki çalışmalarda gerektiğinin altını çizmişlerdir. Bizim çalışmamızda, TME diski ve mandibula modellenerek mandibulaya ait bulgularda kıyaslanma fırsatı bulundu. Mandibulada stres dağılımı beklenen şekilde kuvvetin uygulanma noktalarında yüksekti. Posteriordan görünümde genel olarak üç modelde de kondil başı lateral kısımlarında stres yoğunlaşmaktaydı. RME+FM modeliyle, kemik destekli maksiller protraksiyon modelinde stres dağılımları yakinken hibrid hyrax+mentoplate modelinden daha fazlaydı. Bu stres dağılımına, üçüncü modeldeki kuvvet etkinliğinin daha az olmasının neden olduğunu düşünmekteyiz.

Deplasman değerleri karşılaştırmasında X ekseninde 1. ve 2. tedavi modellerinde birbirine çok benzer sınırlarda ve değerlerde transversal değişim meydana gelirken üçüncü modeldeki değişimler kafatasının daha yukarı ve arka kısımlarına kadar uzanmaktaydı ve hareketin merkezindeki değer (3.modelde daimi molar diş çevresi, ilk iki modeldeyse süt ikinci molar diş ve daimi molar diş çevresi) 3.modelde daha fazlaydı. Maksillanın ön bölgesindeyse transversal hareket sonlanmaktaydı. Bu veriler bize transversal genişletme işleminde hibrid hyrax'ın daha etkin olduğunu göstermektedir.

Maksillanın öne hareketinin değerlendirildiği Y ekseninde üç model için de farklı dağılımlar meydana geldi. Birinci tedavi modelinde en yüksek hareket alveol kret tepesinde meydana geldi ve kanin diş bölgesindeki krette yoğunlaşmaktaydı. Anteriorda hareket maksiller kemiğin frontal çıkıntısına ulaşırken, posterior bölgedeysel yer yer maksillanın yukarı kısımlarında hareket gözükse de processus alveolarisin yukarına çıkmamaktaydı. Birinci modeldeki bu hareketlere bakıldığında maksiller molar dişlerin harekete maruz kaldığı ve öne sürüklendiği, iskeletsel etkininse dentoalveolar düzeyde daha çok oluştuğu düşünüldü. İkinci tedavi modelindeki maksillanın öne hareketinin alveoler proses kısmında daha homojen olarak ve birinci modelin en yüksek değeri kadar olduğu görülmekteydi. Kademeli olarak yukarıya doğru azalmaktaydı ve birinci modelin aksine posterior maksillada da daha homojen bir hareket meydana gelmekteydi. İkinci modelde maksillanın iskeletsel olarak birinci modelden daha fazla öne doğru hareketi tespit edildi. Dişleri çevreleyen kemikteki lokalize fazla hareket alanlarının olmaması dişlerdeki hareketin sadece maksiller hareketle paralel olduğunu göstermektedir. Maksillanın öne hareketiyse orta yüzü de kapsayacak kadar derindi.

Üçüncü tedavi modelindeki maksiller anterior hareket miktarı maksillanın zigomatik kemik altında kalan tüm alanlarında eşit ve en yüksek değer olarak tespit edildi ve ilk iki modelin en yüksek değeriyle aynıydı. Hareket ilk iki modele nazaran daha aşağıda kalmakla birlikte homojen ve daha yüksekteydi. Diş çevresindeki kemiklerde ayrı bir yoğunluk bulunmamaktaydı. Bu durumda dişsel yan etkiler olmamakla birlikte hareketin Le Fort I düzeyinde oluşması orta yüze olan olumlu etkinin 2. modelden daha düşük olduğunu düşündürmektedir.

Lee ve Baek (72) yaptıkları çalışmalarında maksillaya biri infrazigomatik krete yerleştirilen diğeri nasal duvar dış kenarına yerleştirilen miniplaklardan olmak üzere iki farklı yöntemle protraksiyon uygulamasını sonlu elemanlar analizi yöntemiyle değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucuna göre nasal duvarın dışına yerleştirilen miniplakla yapılan simülasyonda maksillanın öne ve aşağı hareketi bulunurken, infrazigomatik alana yapılan maksiller protraksiyonda maksillanın saat yönünün tersine rotasyon yaptığını bulmuşlardır. Yan ve ark. (138) 2013'te yaptıkları sonlu elemanlar analizi çalışmalarında iskeletsel ve dişsel ankraj ile yapılan maksiller protraksiyonu karşılaştırmışlardır. Dişsel ankraj daimi birinci molar dişten, iskeletsel ankraj ise infrazigomatik bölgeden alınmıştır. İki modele de okluzal düzlemle aşağı doğru olacak şekilde 0°, 10°, 20° ve 30° açıyla uygulanan protraksiyon kuvvetlerinin etkileri değerlendirilmiş ve sonuçta iskeletsel destek için okluzal düzlemden aşağıya doğru 20° ve dişsel destek içinse 30° açıyla uygulanan protraksiyon kuvvetinde maksillanın rotasyona uğramadan öne ve aşağı hareketi tespit edilmiştir. Tanne ve ark. (71) yaptıkları sonlu elemanlar analizi çalışmasında maksillaya, birinci büyük azı dişleri üzerinden 1000 g şiddetinde ve okluzal düzlemden aşağı ve yukarı doğru +90° ile -90° arasında değişen doğrultularda kuvvet uygulamışlar; sonuçta okluzal düzlemden aşağı doğru 30° kuvvet uygulandığında rotasyonun ortadan kaldırıldığını belirlemişlerdir. Katada ve ark. (123), yaptıkları sonlu elemanlar analizi çalışmasında, maksillaya daimi birinci molar dişten okluzal düzleme paralel olacak şekilde 1000 g kuvvet uygulamışlar sonuçta ve maksillanın saat yönünün tersine rotasyona uğradığını bulmuşlardır. Yu ve ark. (122), sonlu elmanlar analizinde kuvveti birinci premolar diş hizasından okluzal düzlemle aşağı doğru 20° olacak şekilde uyguladıklarında maksillanın saat yönünün tersine rotasyonunun minimal olduğunu tespit etmişlerdir. Gautam ve ark. (139), maksiller protraksiyonu kanin dişler hizasından 1000 g ile yaptıkları sonlu elemanlar

analizinde kuvveti okluzal düzlemle 30° açıyla uygulamışlar ve maksillanın saat yönü tersine rotasyon yaptığını bulmuşlardır.

Bu tez çalışmasında vertikal yön hareketlerin değerlendirildiği Z ekseninde 1. tedavi modelinde maksillada anteriorda ve posteriorda aşağı doğru hareket meydana geldi. Spina nasalis anterior etrafındaki aşağı hareket miktarı posteriora göre daha az oldu, bu sebeple maksiller düzlemde saat yönünde bir hareket meydana geldi. Bu sonucu Yu ve ark. (122)'nin çıkarımlarını destekleyecek şekilde RME kullanılması ve açının 30 derece olmasına bağlamaktayız. Rotasyon yönü Yan (138) ve Gautam (139)'ın bulgularıyla ise uyuşmamaktaydı. Bunun modelleme farkından kaynaklanabileceğini düşünülmektedir. İkinci tedavi modelinde de birinci modelle benzer sonuçlar ortaya çıktı. İlk modelle hareket miktarında çok az fark olmakla beraber ikinci modelde de maksiller düzlemde saat yönünde rotasyon meydana geldi. Bu Lee (137) ve Yan (138)'in iskeletsel protraksiyon yöntemlerini değerlendirdikleri çalışma sonuçlarıyla uyuşmamaktaydı. Bu durumun kuvvet yönünün farkından kaynaklanabileceği düşünüldü. Çünkü iki çalışmada da plaklara kuvvet okluzal düzleme 20-30 derece açıyla uygulanırken bizim çalışmamızda mandibular plaklardan kuvvet öne ve aşağı doğru uygulandı. Üçüncü modelde anterior ve posteriorda meydana gelen hareket miktarı eşit olmakta ve maksiller düzlemde bir rotasyon oluşmamaktaydı. Bu durumun kuvvetin uygulama açısının ikinci modele kıyasla daha az olması nedeniyle oluştuğunu düşünmekteyiz.

Y ekseni hareketinde 1. ve 2. modellerde mandibulanın genel olarak kütleli bir şekilde geriye hareket ettiği görülmekteydi. Üçüncü modelde ise geriye doğru hareket meydana gelmekle birlikte ramusun yukarı yarısında hareket miktarı yukarı çıkıldıkça kademeli olarak azalmaktaydı. Bizim çalışmamızda model hastaya ait tomografi görüntülerinden elde edildiği için doku yoğunluğunun sağ ve solda farklı yoğunlukta olmasından kaynaklanarak bir rotasyon hareketi meydana geldiği ve bunun kendini burada gösterdiği düşünülmektedir.

Katada ve ark. (123), yaptıkları sonlu elemanlar analizi çalışmasında, maksillaya daimi birinci molar diştten okluzal düzleme paralel olacak şekilde 1000 g kuvvet uygulamışlar sonuçta ve maksillanın saat yönünün tersine rotasyona uğradığını bulmuşlardır. Mandibulaysa aşağı hareket etmiştir.

Vertikal yön deplasmanlarında 1. modelde mandibuladaki en yüksek hareket yukarı doğru kondil başında meydana geldi, korpusta ise hareket yine yukarı yönde olmakla birlikte daha düşüktü. İkinci modeldeyse mandibulada genel olarak yukarı doğru hareket gözlemlendi. En yüksek değer anteriorda keser dişlerin koronal kısmındaki kemikte ölçülse de genel olarak tüm mandibulada renk skalası aynı aralıktaydı. 3. modelde korpusta ve ramusun anterior yarısında yukarı deplasman meydana geldi. Ramusun arka yarısındaki yukarı hareket miktarıysa daha azdı. Yani ikinci modelde mandibular düzlem değişmezken, birinci modelde saat yönünde, üçüncü modelde saat yönünün tersine rotasyon meydana gelmekteydi.

Çalışmamızda; iskeletsel maksiller retrognatiye bağlı Sınıf III maloklüzyonların tedavisinde kullanılan RME+FM, kemik destekli maksiller protraksiyon ve hibrid hyrax mentoplate kombinasyon yöntemlerinin kraniyofasiyal sistem üzerindeki biyomekanik etkileri, sonlu elemanlar analizi ile karşılaştırmalı olarak incelendi. Sonuç olarak:

1. RME+FM modelinde maksiller kemiğinin daha çok alveol çıkıntısında ve ön bölgesinde anterior hareket meydana gelirken, kemik destekli maksiller ilerletme modelinde Le Fort II düzeyinde maskiller ilerleme meydana geldi. Hibrid hyrax mentoplate kombinasyon modelindeyse Le Fort I seviyesinde ilerleme görüldü.
2. Maksillada posterior dişlerin istenmeyen mezializasyon hareketinin RME+FM grubunda meydana geldiği, diğer iki modelde oluşmadığı görüldü.
3. RME+FM modelinde ve kemik destekli maksiller ilerletme modelinde maksiller düzlem saat yönünde rotasyon yaparken hibrid hyrax mentoplate kombinasyon modelinde rotasyon hareketi gözlenmedi.
4. Mandibular düzlemde RME+FM modelinde saat yönünde ve hibrid hyrax mentoplate kombinasyon modelinde saat yönünün tersine rotasyon meydana gelirken kemik destekli maksiller ilerletme modelinde rotasyon görülmedi.
5. RME'nin hibrid hyrax şeklinde uygulandığı modelde genişletmenin etkisi daha derin dokulara nüfuz etti ve sütura yakın bölgede oluşan yüksek gerilmelerin dişsel yan etkiler oluşturmaksızın daha efektif bir açılmaya sebep olacağı düşünüldü.
6. Çene yüz kompleksi göz önünde bulundurulduğunda gerilme değerlerinin RME+FM modelinde, kemik destekli maksiller ilerletme modeliyle benzer

olduğu ve hibrid hyrax mentoplate modelinden daha yüksek düzeylerde olduğu tespit edildi.

7. Uygulanan tüm apareylerde stres yoğunluğu mandibulada kondil başında yoğunlaştı.

Çalışmamızda elde edilen gerilim dağılımları ve deplasman değerleri gözönünde bulundurulduğunda kemik destekli maksiller ilerletme yönteminin gerek dişsel yan etkileri ortadan kaldırması gerekse de maksiller ilerletmedeki etkinliği nedeniyle hızlı üst çene genişletmesi/yüz maskesi ve hibrid hyrax+mentoplate kombinasyon yöntemlerine göre daha fazla iskeletsel etkinlik sağladığı görülmektedir. Hibrid hyrax mentoplate kombinasyon yöntemi dişsel etkileri elimine etmekle birlikte maksillanın daha alt kısımlarında sınırlı kalan anterior hareketi nedeniyle orta yüze kemik destekli maksiller ilerletme yöntemi kadar etkili olamamaktadır.

6. KAYNAKLAR

1. Iwagaki H. Hereditary influence of malocclusion. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery*. 1938;24(4):328-336.
2. Ishii H, Morita S, Takeuchi Y, Nakamura S. Treatment effect of combined maxillary protraction and chin cap appliance in severe skeletal Class III cases. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1987;92(4):304-312.
3. Ellis E, McNamara JA. Components of adult Class III open-bite malocclusion. *American journal of orthodontics*. 1984;86(4):277-290.
4. Williams S, Aarhus CA. The morphology of the potential Class III skeletal pattern in the growing child. *American journal of orthodontics*. 1986;89(4):302-311.
5. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. Cephalometric variables predicting the long-term success or failure of combined rapid maxillary expansion and facial mask therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2004;126(1):16-22.
6. Moyers RE. Analysis of the dentition and occlusion. *Handbook of orthodontics*. 1988.
7. Sung SJ, Baik HS. Assessment of skeletal and dental changes by maxillary protraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1998;114(5):492-502.
8. Cha K-S. Skeletal changes of maxillary protraction in patients exhibiting skeletal Class III malocclusion: a comparison of three skeletal maturation groups. *Angle Orthod*. 2003;73(1):26-35
9. Franchi L, Baccetti T, McNamara JA. Postpubertal assessment of treatment timing for maxillary expansion and protraction therapy followed by fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2004;126(5):555-568.

10. Hägg U, Tse A, Bendeus M, Rabie ABM. Long - term follow - up of early treatment with reverse headgear. *Eur J Orthod.* 2003;25(1):95-102.
11. Kapust AJ, Sinclair PM, Turley PK. Cephalometric effects of face mask/expansion therapy in Class III children: a comparison of three age groups. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;113(2):204-212.
12. Nartallo-Turley PE, Turley PK. Cephalometric effects of combined palatal expansion and facemask therapy on Class III malocclusion. *Angle Orthod.* 1998;68(3):217-224.
13. Ngan P, Hägg U, Yiu C, Merwin D, Wei SH. Treatment response to maxillary expansion and protraction. *Eur J Orthod.* 1996;18(2):151-168.
14. Saadia M, Torres E. Sagittal changes after maxillary protraction with expansion in Class III patients in the primary, mixed, and late mixed dentitions: a longitudinal retrospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;117(6):669-680.
15. Baccetti T, De Clerck H, Cevidanes L, Franchi L. Morphometric analysis of treatment effects of bone-anchored maxillary protraction in growing Class III patients. *Eur J Orthod.* 2010;33(2):121-125.
16. Chun Y-S, Jeong S-G, Row J, Yang S-J. A new appliance for orthopedic correction of Class III malocclusion. *Journal of clinical orthodontics: JCO.* 1999;33(12):705.
17. De Clerck HJ, Cornelis MA, Cevidanes LH, Heymann GC, Tulloch CJ. Orthopedic traction of the maxilla with miniplates: a new perspective for treatment of midface deficiency. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009;67(10):2123.
18. Klempner LS. Early orthopedic Class III treatment with a modified tandem appliance. *Journal of Clinical Orthodontics.* 2003;37(4):218-223.

19. Hong H, Ngan P, Li HG, Qi LG, Wei SH. Use of onplants as stable anchorage for facemask treatment: a case report. *Angle Orthod.* 2005;75(3):453-460.
20. Lee J-S, Hyung Kim D, Park Y-C, Kyung S-H, Kim T-K. The efficient use of midpalatal miniscrew implants. *Angle Orthod.* 2004;74(5):711-714.
21. Wilmes B, Nienkemper M, Ludwig B, Kau CH, Drescher D. Early Class III Treatment with a hybrid hyrax-mentoplate combination. *Journal of clinical orthodontics: JCO.* 2011;45(1):15-21; quiz 39.
22. Korioto T, Versluis A. Modeling the mechanical behavior of the jaws and their related structures by finite element (FE) analysis. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine.* 1997;8(1):90-104.
23. Angle EH. Classification of malocclusion. *Dental cosmos.* 1899;41:248-64,350-357.
24. Broadbent BH. A new X-ray technique and its application to orthodontia: the introduction of cephalometric radiography. *Angle Orthod.* 1981;51(2):93-114.
25. Musich D, Graber T, Vanarsdall R, Vig K. *Orthodontics: Current principles and techniques.* 2005.
26. Anomaliler ÜMO. sefalometri, etiyojoloji, büyüme ve gelişim, tanı. İstanbul; 2001.
27. Rakosi T, Schilli W. Class III anomalies: a coordinated approach to skeletal, dental, and soft tissue problems. *Journal of oral surgery (American Dental Association: 1965).* 1981;39(11):860.
28. Proffit WR, Fields Jr HW, Sarver DM. *Ortodontia contemporânea: Elsevier Brasil;* 2007.

29. Litton SF, Ackermann LV, Isaacson RJ, Shapiro BL. A genetic study of Class III malocclusion. *American journal of orthodontics*. 1970;58(6):565-577.
30. Subtelny JD. Oral respiration: facial maldevelopment and corrective dentofacial orthopedics. *Angle Orthod*. 1980;50(3):147-164.
31. Ellis E, McNamara JA. Components of adult Class III malocclusion. *Int J Oral Maxillofac Surg* . 1984;42(5):295-305.
32. Sanborn RT. Differences between the facial skeletal patterns of Class III malocclusion and normal occlusion. *Angle Orthod* . 1955;25(4):208-222.
33. Takada K, Petdachai S, Sakuda M. Changes in dentofacial morphology in skeletal Class III children treated by a modified maxillary protraction headgear and a chin cup: a longitudinal cephalometric appraisal. *Eur J Orthod*. 1993;15(3):211-221.
34. Angle EH. *Treatment of Malocclusion of the Teeth*: SS White dental manufacturing Company; 1907.
35. Campbell PM. The dilemma of Class III treatment: early or late? *Angle Orthod*. 1983;53(3):175-191.
36. Tweed CH. Treatment planning and therapy in the mixed dentition. *American Journal of Orthodontics*. 1963;49(12):881-906.
37. Baccetti T, McGill JS, Franchi L, McNamara JA, Tollaro I. Skeletal effects of early treatment of Class III malocclusion with maxillary expansion and face-mask therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1998;113(3):333-343.
38. Baik HS. Clinical results of the maxillary protraction in Korean children. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995;108(6):583-592.

39. Yüksel S, Üçem TT, Keykubat A. Early and late facemask therapy. *Eur J Orthod.* 2001;23(5):559-568.
40. Kajiyama K, Murakami T, Suzuki A. Comparison of orthodontic and orthopedic effects of a modified maxillary protractor between deciduous and early mixed dentitions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004;126(1):23-32.
41. Suda N, Ishii-Suzuki M, Hirose K, Hiyama S, Suzuki S, Kuroda T. Effective treatment plan for maxillary protraction: is the bone age useful to determine the treatment plan? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;118(1):55-62.
42. Turley PK. Managing the developing Class III malocclusion with palatal expansion and facemask therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;122(4):349-352.
43. Lu YC-L, Tanne K, Hirano Y, Sakuda M. Craniofacial morphology of adolescent mandibular prognathism. *Angle Orthod.* 1993;63(4):277-282.
44. Nanda R. Biomechanical and clinical considerations of a modified protraction headgear. *American journal of orthodontics.* 1980;78(2):125-139.
45. Fishman LS. Radiographic evaluation of skeletal maturation: a clinically oriented method based on hand-wrist films. *Angle Orthod.* 1982;52(2):88-112.
46. Deguchi T, Uematsu S, Kawahara Y, Mimura H. Clinical evaluation of temporomandibular joint disorders (TMD) in patients treated with chin cup. *Angle Orthod.* 1998;68(1):91-94.
47. Mitani H. Early application of chin cap therapy to skeletal Class III malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;121(6):584-585.
48. Sugawara J, Asano T, Endo N, Mitani H. Long-term effects of chin cap therapy on skeletal profile in mandibular prognathism. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990;98(2):127-133.

49. Wendell PD, Nanda R, Nakamura S. The effects of chin cup therapy on the mandible: a longitudinal study. *American journal of orthodontics*. 1985;87(4):265-274.
50. Mitani H, Fukazawa H. Effects of chincap force on the timing and amount of mandibular growth associated with anterior reversed occlusion (Class III malocclusion) during puberty. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1986;90(6):454-463.
51. Ritucci R, Nanda R. The effect of chin cup therapy on the growth and development of the cranial base and midface. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1986;90(6):475-483.
52. Creekmore T. Class III treatment planning. *Journal of clinical orthodontics: JCO*. 1978;12(9):650.
53. Baik HS, Jee SH, Lee KJ, Oh TK. Treatment effects of Fränkel functional regulator III in children with Class III malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2004;125(3):294-301.
54. Biren S, Erverdi N. Cephalometric evaluation of maxillary retrognathism cases treated with FR-3 appliance. *Journal of Marmara University Dental Faculty*. 1993;1(4):354-360.
55. Oppenheim A. A possibility for physiologic orthodontic movement. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery*. 1944;30(7):345-368.
56. Petit H. Adaptation following accelerated facial mask therapy. *Clinical alteration of the growing face Monograph*. 1983;14:253-289.
57. Merwin D, Ngan P, Hagg U, Yiu C, Wei SH. Timing for effective application of anteriorly directed orthopedic force to the maxilla. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997;112(3):292-299.

58. Hickham J. Maxillary protraction therapy: diagnosis and treatment. *Journal of clinical orthodontics: JCO*. 1991;25(2):102.
59. Mermigos J, Full CA, Andreasen G. Protraction of the maxillofacial complex. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1990;98(1):47-55.
60. Keles A, Tokmak EÇ, Erverdi N, Nanda R. Effect of varying the force direction on maxillary orthopedic protraction. *Angle Orthod*. 2002;72(5):387-396.
61. Tanne K, Miyasaka J, Yamagata Y, Sachdeva R, Tsutsumi S, Sakuda M. Three-dimensional model of the human craniofacial skeleton: method and preliminary results using finite element analysis. *Journal of biomedical engineering*. 1988;10(3):246-252.
62. Hirato R. An experimental study on the center of resistance of the nasomaxillary complex. 2-dimensional analysis of the coronal plane in the dry skull. *Shika gakuho Dental science reports*. 1984;84(8):1225-1262.
63. Staggers J, Germane N, Legan H. Clinical considerations in the use of protraction headgear. *Journal of clinical orthodontics: JCO*. 1992;26(2):87.
64. Miki M. An experimental research on the directional control of the nasomaxillary complex by means of external force--two dimensional analysis on the sagittal plane of the craniofacial skeleton (author's transl). *Shika gakuho Dental science reports*. 1979;79(8):1563.
65. Hata S, Itoh T, Nakagawa M, Kamogashira K, Ichikawa K, Matsumoto M, et al. Biomechanical effects of maxillary protraction on the craniofacial complex. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1987;91(4):305-311.
66. Kambara T. Dentofacial changes produced by extraoral forward force in the *Macaca irus*. *American journal of orthodontics*. 1977;71(3):249-277.

67. Roberts CA, Subteiny JD. An american board of orthodontics case report, use of the face mask in the treatment of maxillary skeletal, retrusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988;93(5):388-394.
68. Itoh T, Chaconas S, Caputo A, Matyas J. Photoelastic effects of maxillary protraction on the craniofacial complex. *American journal of orthodontics.* 1985;88(2):117-124.
69. Tanne K, Hiraga J, Kakiuchi K, Yamagata Y, Sakuda M. Biomechanical effect of anteriorly directed extraoral forces on the craniofacial complex: a study using the finite element method. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989;95(3):200-207.
70. Wirth PJ, Tritapunt A, Rygh P, Bøe OE, Norderval K. The effect of maxillary protraction on front occlusion and facial morphology. *Acta Odontologica Scandinavica.* 1987;45(3):227-237.
71. Tanne K, Hiraga J, Sakuda M. Effects of directions of maxillary protraction forces on biomechanical changes in craniofacial complex. *Eur J Orthod.* 1989;11(4):382-391.
72. Lee K-G, Ryu Y-K, Park Y-C, Rudolph DJ. A study of holographic interferometry on the initial reaction of maxillofacial complex during protraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997;111(6):623-632.
73. Chong Y-H, Ivey JC, Årtun J. Changes following the use of protraction headgear for early correction of Class III malocclusion. *Angle Orthod.* 1996;66(5):351-362.
74. Cozza P, Baccetti T, Mucedero M, Pavoni C, Franchi L. Treatment and posttreatment effects of a facial mask combined with a bite-block appliance in Class III malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138(3):300-310.

75. Kajiyama K, Murakami T, Suzuki A. Evaluation of the modified maxillary protractor applied to Class III malocclusion with retruded maxilla in early mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;118(5):549-559.
76. Vaughn GA, Mason B, Moon H-B, Turley PK. The effects of maxillary protraction therapy with or without rapid palatal expansion: a prospective, randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005;128(3):299-309.
77. Orton H, Noar J, Smith A. The customized facemask. *Journal of clinical orthodontics: JCO.* 1992;26(4):230-235.
78. Smalley WM, Shapiro PA, Hohl TH, Kokich VG, Brånemark P-I. Osseointegrated titanium implants for maxillofacial protraction in monkeys. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988;94(4):285-295.
79. Singer SL, Henry PJ, Rosenberg I. Osseointegrated implants as an adjunct to facemask therapy: a case report. *Angle Orthod.* 2000;70(3):253-262.
80. Kircelli BH, Pektas ZÖ. Midfacial protraction with skeletally anchored face mask therapy: a novel approach and preliminary results. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133(3):440-449.
81. Şar Ç, Arman-Özçırpıcı A, Uçkan S, Yazıcı AC. Comparative evaluation of maxillary protraction with or without skeletal anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139(5):636-649.
82. Lee J-W, Park K-H, Kim S-H, Park Y-G, Kim S-J. Correlation between skeletal changes by maxillary protraction and upper airway dimensions. *Angle Orthod.* 2011;81(3):426-432.
83. Cevidanes L, Baccetti T, Franchi L, McNamara Jr JA, De Clerck H. Comparison of two protocols for maxillary protraction: bone anchors versus face mask with rapid maxillary expansion. *Angle Orthod.* 2010;80(5):799-806.

84. De Clerck H, Cevidanes L, Baccetti T. Dentofacial effects of bone-anchored maxillary protraction: a controlled study of consecutively treated Class III patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138(5):577-581.
85. Nguyen T, Cevidanes L, Cornelis MA, Heymann G, De Paula LK, De Clerck H. Three-dimensional assessment of maxillary changes associated with bone anchored maxillary protraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;140(6):790-798.
86. Holzapfel GA, Ogden RW. *Mechanics of biological tissue: Springer Science & Business Media; 2006.*
87. Bidez MW, Misch CE. Issues in bone mechanics related to oral implants. *Implant dentistry.* 1992;1(4):289-294.
88. Phillips R. *Science of Dental Materials.* 9th. WB Saunders Co. 1991:45-46.
89. Yıl Daü, Başl Üabdü, Yıl M. Özgeçm Ş. *Journal of Engineering Science.* 1991;29(7):831-843.
90. Özel GS. Total dişsiz çenelerde implant destekli overdenture protezler ile implant destekli hareketli bölümlü protezlerin kuvvet iletimi yönünden karşılaştırılması: Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2014.
91. Caputo AA, Standlee JP. *Biomechanics in clinical dentistry: Quintessence Publishing (IL); 1987.*
92. Gallas M, Abeleira M, Fernandez J, Burguera M. Three-dimensional numerical simulation of dental implants as orthodontic anchorage. *Eur J Orthod.* 2005;27(1):12-16.
93. Tosun Y. *Sabit ortodontik apareylerin biyomekanik prensipleri.* İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi. 1999:6-7.

94. Kawarizadeh A, Bourauel C, Jäger A. Experimental and numerical determination of initial tooth mobility and material properties of the periodontal ligament in rat molar specimens. *Eur J Orthod.* 2003;25(6):569-578.
95. Moaveni S. *Finite Element Analysis Theory and Application with ANSYS*, 3/e: Pearson Education India; 2008.
96. Geng J-P, Tan KB, Liu G-R. Application of finite element analysis in implant dentistry: a review of the literature. *The J Prosthet Dent* . 2001;85(6):585-598.
97. Knoell A. A mathematical model of an in vitro human mandible. *J Biomech.* 1977;10(3):159-166.
98. Richmond BG, Wright BW, Grosse I, Dechow PC, Ross CF, Spencer MA, et al. Finite element analysis in functional morphology. *The Anatomical Record.* 2005;283(2):259-724.
99. Weaver W, Johnston PR. *Finite Elements for Structural Analysis*. 1984. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.
100. Van Staden R, Guan H, Loo Y-C. Application of the finite element method in dental implant research. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering.* 2006;9(4):257-270.
101. Worms FW, Meskin LH, Isaacson RJ. Open-bite. *American journal of orthodontics.* 1971;59(6):589-595.
102. Cattaneo P, Dalstra M, Melsen B. The finite element method: a tool to study orthodontic tooth movement. *J Dent Res.* 2005;84(5):428-433.
103. Cook RD, Malkus DS, Plesha ME, Witt RJ. *Concepts and applications of finite element analysis*: Wiley New York; 1974.

104. Shaw A, Sameshima G, Vu H. Mechanical stress generated by orthodontic forces on apical root cementum: a finite element model. *Orthod Craniofac Res.* 2004;7(2):98-107.
105. Wakabayashi N, Ona M, Suzuki T, Igarashi Y. Nonlinear finite element analyses: advances and challenges in dental applications. *J Dent Res.* 2008;36(7):463-471.
106. Farah J, Craig RG, Sikarskie DL. Photoelastic and finite element stress analysis of a restored axisymmetric first molar. *J Biomech.* 1973;6(5):511IN9515-514520.
107. Sameshima GT, Melnick M. Finite element-based cephalometric analysis. *Angle Orthod.* 1994;64(5):343-350.
108. Rodrigues FP, Li J, Silikas N, Ballester RY, Watts DC. Sequential software processing of micro-XCT dental-images for 3D-FE analysis. *dental materials.* 2009;25(6):e47-e55.
109. Tanne K, Sakuda M, Burstone CJ. Three-dimensional finite element analysis for stress in the periodontal tissue by orthodontic forces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987;92(6):499-505.
110. Cattaneo PM, Dalstra M, Melsen B. Moment-to-force ratio, center of rotation, and force level: a finite element study predicting their interdependency for simulated orthodontic loading regimens. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133(5):681-689.
111. Jeon PD, Turley PK, Moon HB, Ting K. Analysis of stress in the periodontium of the maxillary first molar with a three-dimensional finite element model. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;115(3):267-274.

112. Reimann S, Keilig L, Jäger A, Bourauel C. Biomechanical finite-element investigation of the position of the centre of resistance of the upper incisors. *Eur J Orthod.* 2007;29(3):219-224.
113. Tanne K, Yoshida S, Kawata T, Sasaki A, Knox J, Jones M. An evaluation of the biomechanical response of the tooth and periodontium to orthodontic forces in adolescent and adult subjects. *Journal of Orthodontics.* 1998;25(2):109-115.
114. Oyama K, Motoyoshi M, Hirabayashi M, Hosoi K, Shimizu N. Effects of root morphology on stress distribution at the root apex. *Eur J Orthod.* 2007;29(2):113-117.
115. Rudolph DJ, Willes MG, Sameshima GT. A finite element model of apical force distribution from orthodontic tooth movement. *Angle Orthod.* 2001;71(2):127-131.
116. Chen J, Xu L. A finite element analysis of the human temporomandibular joint. *Journal of biomechanical engineering.* 1994;116(4):401-407.
117. DeVocht JW, Goel VK, Zeitler DL, Lew D. A study of the control of disc movement within the temporomandibular joint using the finite element technique. *J Oral Maxillofac Surg.* 1996;54(12):1431-1437.
118. Tanne K, Matsubara S, Sakuda M. Stress distributions in the maxillary complex from orthopedic headgear forces. *Angle Orthod.* 1993;63(2):111-118.
119. Tanne K, Sakuda M. Biomechanical and clinical changes of the craniofacial complex from orthopedic maxillary protraction. *Angle Orthod.* 1991;61(2):145-152.
120. Holberg C, Mahaini L, Rudzki I. Analysis of sutural strain in maxillary protraction therapy. *Angle Orthod.* 2007;77(4):586-594.

121. Holberg C, Rudzki-Janson I. Stresses at the cranial base induced by rapid maxillary expansion. *Angle Orthod.* 2006;76(4):543-550.
122. Yu HS, Baik HS, Sung SJ, Kim KD, Cho YS. Three-dimensional finite-element analysis of maxillary protraction with and without rapid palatal expansion. *Eur J Orthod.* 2007;29(2):118-125.
123. Katada H, Katada H, Isshiki Y. Changes in orthodontic cephalometric reference points on application of orthopedic force to jaw: three-dimensional finite element analysis. *Bull Tokyo Dent Coll .* 2005;46(3):59-65.
124. Liu H, Liu D-x, Wang G, Wang C-l, Zhao Z. Accuracy of surgical positioning of orthodontic miniscrews with a computer-aided design and manufacturing template. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(6):728. e1-. e10.
125. Yang I-H, Chang Y-I, Kim T-W, Ahn S-J, Lim W-H, Lee N-K, et al. Effects of cleft type, facemask anchorage method, and alveolar bone graft on maxillary protraction: a three-dimensional finite element analysis. *Cleft Palate Craniofac J.* 2012;49(2):221-229.
126. Gautam P, Zhao L, Patel P. Biomechanical response of the maxillofacial skeleton to transpalatal orthopedic force in a unilateral palatal cleft. *Angle Orthod.* 2011;81(3):503-509.
127. Ngan PW, Hagg U, Yiu C, Wei SH, editors. Treatment response and long-term dentofacial adaptations to maxillary expansion and protraction. *Semin Orthod;* 1997: Elsevier.
128. Esenlik E, Ağlarıcı C, Albayrak GE, Fındık Y. Maxillary protraction using skeletal anchorage and intermaxillary elastics in Skeletal Class III patients. *Korean J Orthod.* 2015;45(2):95-101.
129. Hino CT, Cevidanes LH, Nguyen TT, De Clerck HJ, Franchi L, McNamara Jr JA. Three-dimensional analysis of maxillary changes associated with facemask

and rapid maxillary expansion compared with bone anchored maxillary protraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;144(5):705-714.

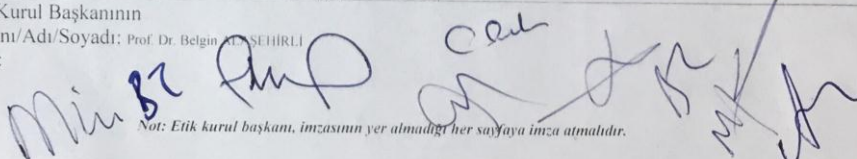
130. Katyal V, Wilmes B, Nienkemper M, Darendeliler M, Sampson W, Drescher D. The efficacy of Hybrid Hyrax-Mentoplate combination in early Class III treatment: a novel approach and pilot study. *Aust Orthod J.* 2016;32(1):88.
131. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. Treatment and posttreatment craniofacial changes after rapid maxillary expansion and facemask therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;118(4):404-413.
132. Altug Z, Arslan AD. Skeletal and dental effects of a mini maxillary protraction appliance. *Angle Orthod.* 2006;76(3):360-368.
133. Pangrazio-Kulbersh V, Berger J, Kersten G. Effects of protraction mechanics on the midface. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;114(5):484-491.
134. Maspero C, Galbiati G, Perillo L, Favero L, Giannini L. Orthopaedic treatment efficiency in skeletal Class III malocclusions in young patients: RME-face mask versus TSME. *European journal of paediatric dentistry: official journal of European Academy of Paediatric Dentistry.* 2012;13(3):225-230.
135. Kaya D, Kocadereli I, Kan B, Tasar F. Effects of facemask treatment anchored with miniplates after alternate rapid maxillary expansions and constrictions; a pilot study. *Angle Orthod.* 2011;81(4):639-646.
136. Kircelli BH, Pektaş Z, Uçkan S. Orthopedic protraction with skeletal anchorage in a patient with maxillary hypoplasia and hypodontia. *Angle Orthod.* 2006;76(1):156-163.
137. Lee N-K, Baek S-H. Stress and displacement between maxillary protraction with miniplates placed at the infrazygomatic crest and the lateral nasal wall: a 3-dimensional finite element analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;141(3):345-351.

138. Yan X, He W, Lin T, Liu J, Bai X, Yan G, et al. Three-dimensional finite element analysis of the craniomaxillary complex during maxillary protraction with bone anchorage vs conventional dental anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;143(2):197-205.
139. Gautam P, Valiathan A, Adhikari R. Skeletal response to maxillary protraction with and without maxillary expansion: a finite element study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;135(6):723-728.
140. Işeri H, Tekkaya AE, Öztan Ö, Bilgiç S. Biomechanical effects of rapid maxillary expansion on the craniofacial skeleton, studied by the finite element method. *Eur J Orthod.* 1998;20(4):347-356.
141. Jafari A, Shetty KS, Kumar M. Study of stress distribution and displacement of various craniofacial structures following application of transverse orthopedic forces—a three-dimensional FEM study. *Angle Orthod.* 2003;73(1):12-20.
142. Miyasaka-Hiraga J, Tanne K, Nakamura S. Finite element analysis for stresses in the craniofacial sutures produced by maxillary protraction forces applied at the upper canines. *British journal of orthodontics.* 1994;21(4):343-348.
143. Boryor A, Geiger M, Hohmann A, Wunderlich A, Sander C, Sander FM, et al. Stress distribution and displacement analysis during an intermaxillary disjunction—a three-dimensional FEM study of a human skull. *J Biomech.* 2008;41(2):376-382.
144. Rugh J. Occlusal parafunction. *A textbook of occlusion.* 1988:249-261.
145. Okeson JP. *Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion-E-Book:* Elsevier Health Sciences; 2014.
146. Park JH, Bayome M, Zahrowski JJ, Kook Y-A. Displacement and stress distribution by different bone-borne palatal expanders with facemask: A 3-

- dimensional finite element analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017;151(1):105-117.
147. Haas AJ. Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture. *Angle Orthod.* 1961;31(2):73-90.
148. Turley P. Orthopedic correction of Class III malocclusion with palatal expansion and custom protraction headgear. *Journal of clinical orthodontics: JCO.* 1988;22(5):314.
149. Choi D-S, Cha B-K, Jang I, Kang K-H, Kim S-C. Three-dimensional finite element analysis of occlusal stress distribution in the human skull with premolar extraction. *Angle Orthod.* 2012;83(2):204-211.
150. Frost HM. Wolff's Law and bone's structural adaptations to mechanical usage: an overview for clinicians. *Angle Orthod.* 1994;64(3):175-188.
151. Frost H. A determinant of bone architecture: the minimum effective strain. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1983;175:286-292.
152. Stanford CM, Brand RA. Toward an understanding of implant occlusion and strain adaptive bone modeling and remodeling. *J Prosthet Dent.* 1999;81(5):553-61.
153. Gautam P, Valiathan A, Adhikari R. Maxillary protraction with and without maxillary expansion: a finite element analysis of sutural stresses. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;136(3):361-366.
154. Grandori F, Merlini C, Amelotti C, Plasente M, Tadini G, Ravazzani P. A mathematical model for the computation of the forces exerted by the facial orthopedic mask. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1992;101(5):441-448.

7.EKLER

7.1.Ek 1: Etik Kurul İzin Belgesi

GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU					
ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI		Sınıf III malokluzyonların tedavisinde kullanılan yüz maskesi, kemik destekli maksiller protraksiyon ve hibrid hyrax+mentoplate kombinasyon yöntemlerinin biyomekanik etkilerinin sonlu elemanlar analiziyle incelenmesi			
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU		266			
ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Gaziantep Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu			
	AÇIK ADRESİ:	Gaziantep Üniversitesi Sağlık Bilimler Fakültesi 2. Kat Şehitkamil/Gaziantep			
	TELEFON	0342 360 07 53 / 77704			
	FAKS	0342 360 39 27			
	E-POSTA	gaunetikkurul@gmail.com			
BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Yrd. Doç. Dr. Merve GÖYMEN			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Ortodonti A.D			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti A.D			
	VARSA İDARI SORUMLU UNVANI/ADI/SOYADI				
	DESTEKLEYİCİ				
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI/ADI/SOYADI (TÜBİTAK vb. gibi kaynaklardan destek alanlar için)				
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ				
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ 1	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 2	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 3	<input type="checkbox"/>		
FAZ 4		<input type="checkbox"/>			
Gözlemsel ilaç çalışması		<input type="checkbox"/>			
Tıbbi cihaz klinik araştırması		<input type="checkbox"/>			
İn vitro tıbbi tanı cihazları ile yapılan performans değerlendirme çalışmaları		<input type="checkbox"/>			
İlaç dışı klinik araştırma		<input type="checkbox"/>			
Diğer ise belirtiniz :					
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ <input type="checkbox"/>	ÇOK MERKEZLİ <input type="checkbox"/>	ULUSAL <input type="checkbox"/>	ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>	
DİĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili	
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ			Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>	
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU			Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>	
	OLGU RAPOR FORMU			Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>	
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ			Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>	
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı	Açıklama			
	SIGORTA	<input type="checkbox"/>			
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	<input type="checkbox"/>			
Etik Kurul Başkanının Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Belgin ATASEHIRLI					
İmza:					
					
Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.					

GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Sınıf III malokluzyonların tedavisinde kullanılan yüz maskesi, kemik destekli maksiller protrakسیون ve hibrid hyrax+mentoplate kombinasyon yöntemlerinin biyomekanik etkilerinin sonlu elemanlar analiziyle incelenmesi
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	266

KARAR BİLGİLERİ	BIYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	<input type="checkbox"/>	
	ILAN	<input type="checkbox"/>	
	YILLIK BİLDİRİM	<input type="checkbox"/>	
	SONUÇ RAPORU	<input type="checkbox"/>	
	GUVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	<input type="checkbox"/>	
	DİĞER	<input type="checkbox"/>	
	Karar No:2017 /266	Tarih: 24.07. 2017	
Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir. İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik kapsamında yer alan araştırmalar/çalışmalar için Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu'ndan izin alınması gerekmektedir.			

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	Prof. Dr.Belgin ALAŞEHİRLİ

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet	Araştırma ile ilişki	Katılım *	İmza
Prof. Dr. Belgin ALAŞEHİRLİ	FARMAKOLOJİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Mehmet KESKİN	PEDIATRİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Feridun IŞIK	GÖĞÜS CERRAHI	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. İlker SEÇKİNER	ÜROLOJİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Ramazan BAL	FİZYOLOJİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Yasemin ZER	MİKROBİYOLOJİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Zeynel Abidin ÖZTÜRK	İÇ HASTALIKLARI	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Seval KUL	BIYOİSTATİSTİK	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Yrd. Doç. Dr. Betül TAŞ	AĞIZ DIŞ ve ÇENE CERRAHİSİ	Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	F <input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/>	F <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Uzm. Dr. Cahide Elif ORHAN	FARMAKOLOJİ	Gaziantep İl Sağlık Müdürlüğü	E <input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Eyüp ÇELİK	AVUKAT	Gaziantep Barosu	F <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Recep TÜRK	BANKACI	Ziraat Bankası Gaziantep Bölge Yöneticisi	F <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	F <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	

*:Toplantıda Bulunma

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Belgin ALAŞEHİRLİ
İmza:

elden teslim oldu

sehat özetir

Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmamalıdır.

7.2.Ek 2: Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

Çalışmanın Adı: *Sınıf III malokluzyonların tedavisinde kullanılan yüz maskesi, kemik destekli maksiller protraksiyon ve hibrid hyrax+mentoplate kombinasyon yöntemlerinin biyomekanik etkilerinin sonlu elemanlar analiziyle incelenmesi*

LÜTFEN DİKKATLİCE OKUYUNUZ !!!

Bu çalışmaya katılmak üzere davet edilmiş bulunmaktasınız. Bu çalışmada yer almayı kabul etmeden önce çalışmanın ne amaçla yapılmak istendiğini anlamanız ve kararınızı bu bilgilendirme sonrası özgürce vermeniz gerekmektedir. Size özel hazırlanmış bu bilgilendirmeyi lütfen dikkatlice okuyunuz, sorularınıza açık yanıtlar isteyiniz.

Çalışmanın Amacı: *Sınıf III malokluzyonların tedavisinde kullanılan yüz maskesi, kemik destekli maksiller protraksiyon ve hibrid hyrax+mentoplate kombinasyon yöntemlerinin biyomekanik etkilerinin sonlu elemanlar analiziyle incelenmesi*

Size katılmanız için teklif edilen çalışma Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Yerel Etik Kurul tarafından 24.07.2017 tarih ve 2017/266 no ile onaylanmıştır. Bu çalışma hastalığınızın tedavi yaklaşımlarının sonuçlarını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Sonuçlar sizin tedavinizde herhangi bir değişikliğe sebep olmayabilir.

KATILMA KOŞULLARI NEDİR?

Bu çalışmaya dahil edilebilmeniz için önceden çekilmiş kafa tomografinizin olması gerekmektedir.

NASIL BİR UYGULAMA YAPILACAKTIR?

Sizden daha önceden alınmış olan CT görüntüleri kullanılarak bilgisayar ortamında kafatasımızın 3D modeli oluşturulacak ve bu model üzerinde farklı tedavi uygulamaları simüle edilecektir. Yapılacak olan analizler sonucu hangi tedavi yönteminin daha etkili olacağı belirlenecektir.

SORUMLULUKLARIM NEDİR?

Daha önceden alınan CT görüntülerinizin araştırmaya dahil edilmesi için izin vermeniz dışında herhangi bir sorumluluğunuz bulunmamaktadır.

KATILIMCI SAYISI NEDİR?

Araştırmada yer alacak gönüllü sayısı 1 adettir.

KATILIMIM NE KADAR SÜRECEKTİR?

Bu araştırma bir laboratuvar çalışmasıdır. Size zaman kaybettirecek herhangi uygulama yapılmayacaktır.

ÇALIŞMAYA KATILMA İLE BEKLENEN OLASI YARAR NEDİR

Sınıf III hastalar tedavisi zor olan hastalardır ve yeni tedavi yöntemlerinin etkileri tam olarak belirlenmemiştir. Bu çalışmayla bu etkiler objektif bir şekilde belirlenecektir.

ÇALIŞMAYA KATILMA İLE BEKLENEN OLASI RİSKLER NEDİR?

Herhangi bir risk yoktur.

Tarih/Versiyon:

1/4

Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

HANGİ KOŞULLARDA ARAŞTIRMA DIŞI BIRAKILABİLİRİM?

DİĞER TEDAVİLER NELERDİR?

HERHANGİ BİR ZARARLANMA DURUMUNDA YÜKÜMLÜLÜK/SORUMLULUK KİMDEDİR VE NE YAPILACAKTIR?

Araştırmaya bağlı bir zarar söz konusu olduğunda, bu durumun tedavisi sorumlu araştırmacı tarafından yapılacak, ortaya çıkan masraflar sorumlu araştırmacılar tarafından karşılanacaktır.

YENİ BULGULAR

Araştırma sürecinde yapılan tedavi/uygulamaya yönelik sizi ilgilendirebilecek herhangi bir gelişme olduğunda, bu durum size veya yasal temsilcinize derhal bildirilecektir.

ARAŞTIRMA SÜRESİNCE ÇIKABİLECEK SORUNLAR İÇİN KİMİ ARAMALIYIM?

Araştırma hakkında ek bilgiler almak için ya da çalışma ile ilgili herhangi bir sorun, istenmeyen etki ya da diğer rahatsızlıklarınız için 342-3609600- 4600-4603 no.lu telefondan Dt. Serhat Özdemir'e başvurabilirsiniz.

ÇALIŞMA KAPSAMINDAKİ GİDERLER KARŞILANACAK MIDIR?

Çalışma boyunca yapılacak rutin uygulamaların dışında kalan işlemler için sizden herhangi ek bir ücret talep edilmeyecektir; size herhangi bir ödeme yapılmayacaktır.

ÇALIŞMAYA KATILMAM NEDENİYLE HERHANGİ BİR ÖDEME YAPILACAK MIDIR?

Bu araştırmada yer almanız nedeniyle size hiçbir ödeme yapılmayacaktır.

ARAŞTIRMAYA KATILMAYI KABUL ETMEMEM VEYA ARAŞTIRMADAN AYRILMAM DURUMUNDA NE YAPMAM GEREKİR?

Bu araştırmada yer almak tamamen sizin isteğinize bağlıdır. Araştırmada yer almayı reddedebilirsiniz ya da herhangi bir aşamada araştırmadan ayrılabilirsiniz; reddetme veya vazgeçme durumunda bile sonraki bakımınız garanti altına alınacaktır.

Araştırmanın sonuçları bilimsel amaçla kullanılacaktır; çalışmadan çekilmeniz ya da araştırmacı tarafından çıkarılmanız durumunda, sizle ilgili tıbbi veriler de gerekirse bilimsel amaçla kullanılabilir.

KATILMAMA İLİŞKİN BİLGİLER KONUSUNDA GİZLİLİK SAĞLANABİLECEK MIDİR?

Size ait tüm tıbbi ve kimlik bilgileriniz gizli tutulacaktır ve araştırma yayınlansa bile kimlik bilgileriniz verilmeyecektir, ancak araştırmanın izleyicileri, yoklama yapanlar, etik kurullar ve resmi makamlar gerektiğinde tıbbi bilgilerinize ulaşabilir. Siz de istediğinizde kendinize ait tıbbi bilgilere ulaşabilirsiniz.

Çalışmaya Katılma Onayı:

Tarih/Versiyon:

2/4

Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

Yukarıda yer alan ve araştırmaya başlanmadan önce gönüllüye verilmesi gereken bilgileri gösteren 4 sayfalık metni okudum ve sözlü olarak dinledim. Aklıma gelen tüm soruları araştırıcıya sordum, yazılı ve sözlü olarak bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Çalışmaya katılmayı isteyip istemediğime karar vermem için bana yeterli zaman tanındı. Bu koşullar altında, bana ait tıbbi bilgilerin gözden geçirilmesi, transfer edilmesi ve işlenmesi konusunda araştırma yürütücüsüne yetki veriyor ve söz konusu araştırmaya ilişkin bana yapılan katılım davetini hiçbir zorlama ve baskı olmaksızın büyük bir gönüllülük içerisinde kabul ediyorum. Bu formu imzalamakla yerel yasaların bana sağladığı hakları kaybetmeyeceğimi biliyorum.

Bu formun imzalı ve tarihli bir kopyası bana verildi.

GÖNÜLLÜNÜN		İMZASI
ADI & SOYADI		
ADRESİ		
TEL. & FAKS		
TARİH		

VELAYET VEYA VESAYET ALTINDA BULUNANLAR İÇİN VELİ VEYA VASİNİN		İMZASI
ADI & SOYADI		
ADRESİ		
TEL. & FAKS		
TARİH		

AÇIKLAMALARI YAPAN ARAŐTIRICININ		İMZASI
ADI & SOYADI		
TARİH		

Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

RIZA ALMA İŞLEMİNE BAŞINDAN SONUNA KADAR TANIKLIK EDEN KURULUŞ GÖREVLİSİNİN		İMZASI
ADI & SOYADI		
GÖREVİ		
TARİH		

Tarih/Versiyon:

4/4

8. ÖZGEÇMİŞ

Serhat Özdemir, 1987 yılında Kahramanmaraş Afşin’de doğdu. İlköğretim eğitimini Kahramanmaraş İlköğretim Okulu’nda, ortaöğretim eğitimini Kahramanmaraş Çukurova Elektrik Anadolu Lisesi’nde, yükseköğretim eğitimini ise 2005 yılında kazandığı Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’nde 2010 Eylül ayında mezun olarak tamamladı. 2013 Eylül ayında girdiği Diş Hekimliğinde Uzmanlık Sınavı’yla da Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı’nı kazanarak uzmanlık eğitimine başladı.

