

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

**MAKSİLLER PROTRAKSİYON AMACIYLA KULLANILAN İKİ
FARKLI SİSTEMİN SONLU ELEMANLAR ANALİZİ İLE
İNCELENMESİ**

Dt. Muhammed Çağrı ŞİBAL

**UZMANLIK TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.**

**ANKARA
2017**

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

**MAKSİLLER PROTRAKSİYON AMACIYLA KULLANILAN İKİ
FARKLI SİSTEMİN SONLU ELEMANLAR ANALİZİ İLE
İNCELENMESİ**

Dt. Muhammed Çağrı ŞİBAL

UZMANLIK TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

TEZ DANIŞMANI
Yrd. Doç. Dr. Cenk Ahmet AKCAN

ANKARA
2017

ONAY SAYFASI

Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı'na,

Dt.M.Çağrı Şibal'ın 14.02.2017 tarihinde jürimiz önünde yaptığı savunmasında ' Maksiller Protraksiyon Amacıyla Kullanılan İki Farklı Sistemin Sonlu Elemanlar Analizi İle İncelenmesi' başlıklı çalışması jürimiz tarafından Diş Hekimliğinde Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof.Dr.Tülin TANER
Hacettepe Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
Ortodonti Anabilim Dalı



Tez Danışmanı: Yrd.Doç.Dr.Cenk Ahmet AKCAN
Hacettepe Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
Ortodonti Anabilim Dalı



Üye: Prof.Dr.Ufuk Toygar MEMİKOĞLU
Ankara Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
Ortodonti Anabilim Dalı



ONAY: Bu tez Tıpta ve Diş Hekimliğinde Uzmanlık Eğitimi Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Osman Taha KÖSEÖĞLU

Dekan Vekili

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti ABD tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- o **Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.**
(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, teziniz arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir)
- o **Tezimin/Raporumuntarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.**
(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir)
- **Tezimin/Raporumun 14/02/2018 tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.**
- o **Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi**



Dt. Muhammed Çağrı Şibal

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimimde büyük emekleri olan ve tez çalışmamda değerli bilgileri ile yol gösteren saygıdeğer danışmanım Yrd.Doç.Dr. Cenk A. Akcan'a,

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgilerini her zaman çekinmeden bizimle paylaşan, değerli hocam Anabilim Dalı Başkanımız Prof.Dr. Tülin Taner'e,

Uzmanlık eğitimimde tecrübelerini ve bilgisini bizden eksik etmeyen, ortodontist olarak mesleğe değerli katkılarından dolayı sonsuz saygıyı hak eden ilk tez danışmanım ve sevgili hocam Sayın Prof.Dr. Semra Ciğer'e,

Sevgisi ve güler yüzüyle hep yol gösterici olan, değerli ve saygıdeğer hocam Prof.Dr. İlken Kocadereli'ye,

Tez çalışmam ve uzmanlık sürecinde bana desteklerinden ötürü Prof.Dr. Müge Aksu'ya, Doç.Dr. Hakan El'e, Yrd.Doç.Dr. Banu Sağlam Aydınatay'a, Yrd.Doç.Dr. Bengisu Akarsu Güven'e, Yrd.Doç.Dr. Ezgi Atik'e ve Uzm.Dr. Hande Görücü Çoşkun'e,

Ortodonti kliniğinde beraber çalıştığım tüm asistan arkadaşlarıma, yardımcı personelimize ve teknisyenlerimize,

Hayatımın her anında beni destekleyen, kendisinden çok beni düşünen ve sevgisini her an hissettiğim sevgili babam Nazım Şibal'a, ilgisini benden esirgemeyen bir tanecik annem Safiye Şibal'a ve kardeşlerime,

Eğitim hayatımın bana kazandırdığı sevgili dostlarım ve meslektaşlarım İrmak Partal ve Arda Arısan'a,

Uzun bir zaman beraber gülüp üzüldüğümüz sevgili arkadaşlarım Dr.Akif Demirel'e, Dt. İlhan Kaya'ya, Dt. Aykut Çetindağ'a,

Bu güne kadar hayatımın her anında beni destekleyen, dünyayı daha yaşanabilir bir yer haline getiren sevgili Buse Karatay'a,

En içten sonsuz teşekkürlerimle...

ÖZET

ŞİBAL, Ç. Maksiller Protraksiyon Amacıyla Kullanılan İki Farklı Sistemin Sonlu Elemanlar Analizi İle İncelenmesi. Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Adabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, Ankara, 2017. Çalışmamızın amacı, maksiller retrognatiye bağlı sınıf III maloklüzyonların tedavisinde kullanılan iki farklı iskeletsel ankraj metodunu sonlu elemanlar analizi ile kıyaslayarak, tedavi sırasında oluşturdukları farklılıkları öngörmektir. Bu amaçla sonlu elemanlar analizinden faydalanılarak iki farklı kranial modelleme uygulanmıştır. Birinci modelde palatinal bölgeden destek alan minividalardan üzerinden maksiller molarlardaki bantlara uzanan hybrid-hyrax apapeyi simule edilmiştir ve maksiller molarlar üzerinden oklüzal düzlemin 30 derece kadar altından geçecek şekilde protraksiyon kuvveti uygulanmış ve elde edilen sonlu elemanlar modelinde Von Misses gerilme, maksimum asal gerilme, minimum asal gerilme ve yer değiştirme değerleri elde edilmiştir. İkinci modelde ise infrazyomatik kreste iskeletsel ankraj uygulanan miniplaklar simule edilmiştir ve maksiller birinci molar hizasından geçen miniplakların alt terminal kısmı üzerinden oklüzal düzlemin 30 derece kadar altından geçecek şekilde protraksiyon kuvveti uygulanmış ve elde edilen sonlu elemanlar modelinde Von Misses gerilme, maksimum asal gerilme, minimum asal gerilme ve yer değiştirme değerleri elde edilmiştir. Her iki modeldeki Von Misses gerilme, maksimum asal gerilme, minimum asal gerilme ve yer değiştirme değerleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmamızın sonucunda ise her iki modelde maksillanın anterior yöndeki büyümesini stimüle edecek tarzda maksimum asal gerilme değerleri elde edilmiştir. Yine aynı şekilde her iki modelde de maksilla protraksiyon kuvveti altında frontomaksiller ve frontonazal süturlarda baskı tarzında gerilme kuvveti meydana gelerek anterior rotasyon yapacak şekilde harekete zorlandığı görülmüştür fakat bu anterior rotasyon etkisinin maksimum ve minimum asal gerilme değerlerine bakıldığında miniplak modelinde daha az meydana geldiği görülmüştür. Hybrid hyrax modelinde ise dişler üzerine uygulanan apapeyin miniplak modeline kıyasla dental yapılarda da etki oluşturduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sınıf III, maksiller retrognati, protraksiyon, sonlu elemanlar analizi, ortodonti

Bu uzmanlık tezi Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından TDH-2017-14485 kodlu projesi ile desteklenmiştir.

ABSTRACT

SIBAL, C. Evaluation of Two Different Systems Used for Maxillary Protraction by Finite Element Analysis. Hacettepe University, Faculty of Dentistry, Department of Orthodontics, Specialty Thesis, Ankara, 2017. The aim of our study was to predict the differences in the two different skeletal anchoring methods used in the treatment of class III malocclusions with maxillary retrognathia by using finite elements analysis. For this purpose, two different cranial models were constructed by using the finite element analysis. In the first model, a hybrid-hyrax appliance, which extends from the palatal region through the miniscrews supporting with maxillary molar bands simulated and the protraction force was applied below the occlusal plane with 30 degree through the maxillary first molar and the Von Mises stress, maximum principal stress, minimum principal stress and displacement values were obtained. In the second model, infrazygomatic skeletal anchored miniplates were simulated and the protraction force was applied to pass the lower end of the miniplates passing through the first molar line at a distance of 30 degrees below the occlusal plane, and Von Mises stress, maximum principal stress, minimum principal stress and displacement values were obtained. Von Mises stress, maximum principal stress, minimum principal stress and displacement values in both models were evaluated comparatively. As a result of our study, the maximum principal stress values were obtained in a manner to stimulate the anterior growth of the maxillaries in both models. Similarly, in both models, it was observed that in the frontomaxillary and frontonasal sutures under the maxillary protraction force, tensile forces in the form of pressure were seen while maxilla moves anteriorly, but this anterior rotation effect was less frequent in the miniplate model when the maximum and minimum principal stress values were considered. In hybrid hyrax model, it was observed that dental structures also had an effect compared to the miniplate model.

Keywords: Class III, maxillary retrognathia, protraction, finite element analysis, orthodontics

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	xii
ŞEKİLLER.....	xiii
RESİMLER	xiv
TABLolar	xvi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 Sınıf III Maloklüzyonlar	3
2.1.1 Maloklüzyonun tanımı ve Özellikleri	3
2.1.2. Epidemiyoloji	5
2.1.3 Etiyoloji	6
2.1.4. Tedavi Alternatifleri.....	6
2.1.4.1. Ortopedik Tedaviler	7
2.1.4.2. Ortognatik Cerrahi	16
2.1.4.3. Ortodontik Kamufraj	17
2.2. Fiziksel Gerilme ve Stress Ölçüm Metodları	19
2.2.1. Deney Hayvanları	19
2.2.2. Matematik Modelleme Metodu	19
2.2.3. Foto-elastik Stress Analizi	19
2.2.4. Lazer Holography	20
2.2.5. Sonlu Elemanlar Analizi.....	20
2.3.1. Terminoloji	21
2.3.1.1. Kuvvet.....	21
2.3.1.2. Gerilme – Stres.....	21
2.3.1.3. Gerinim	22
2.3.1.4. Deformasyon	22

2.3.1.5. Gerilme –Gerinim Eğrisi	23
2.3.1.6. Elastik Modülü - Young Modülü.....	23
2.3.1.7. Poisson Oranı.....	24
2.3.1.8 Sonlu Eleman – Element	24
2.3.1.9. Düğüm	25
2.3.1.10. Rijit Eleman	25
2.3.1.11. Sınır Koşullar	25
2.3.1.12. Asal Stres – Principal İndeks.....	26
2.3.1.13. Von Mises Gerilme	26
2.3.2 Sonlu Elemanlar Analizinin Çalışma Prensibi.....	27
2.3.2.1. Problem yada Kurgunun Oluşturulması.....	27
2.3.2.2. Geometrik Modelleme	27
2.3.2.3. Matematiksel Ağ Yapısının Oluşturulması.....	28
2.3.2.4. Materyal Özelliklerinin Belirlenip Sisteme Entegrasyonu	29
2.3.2.5. Sınır Koşullarının Tanımı.....	29
2.3.2.6. Kuvvet Özelliklerinin Tanımı ve Kuvvetin Uygulanması	30
2.3.2.7. Sonuçların Yorumlanması	30
2.4. Ortodontide Yapılmış Sonlu Elemanlar Analizi ile İlgili Çalışmalar	31
3. MATERYAL VE METOD.....	35
3.1. Modelleme için Kullanılan Araçlar ve Yöntem	35
3.1. Kranial Yapıların Modellemesi	37
3.2. Minivida ve Plakların Modellemesi.....	39
3.3. Aparentlerin ve Ortodontik Ataçmanların Modellemesi.....	41
3.4. Dişlerin ve Periodontal Yapıların Modellenmesi	42
3.5. Modellemenin Tamamlanması.....	42
3.6. Sınır Koşullarının Belirlenmesi.....	44
3.7. Simulasyon ve Kuvvetin Uygulanması - Yorumlanması	46
4.BULGULAR	47
4.1. Hybrid Hyrax ile Maksiller Protraksiyon Modeline ait Bulgular.....	47
4.1.1. Nazomaksiller Kompleks ve Alveoler Kemikte Meydana Gelen Değişiklikler.....	49
4.1.2. Median Palatal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	57
4.1.3. Nazomaksiller Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	57
4.1.4. Frontomaksiller Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	58

4.1.5. Frontonazal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler	59
4.1.6. Zygomatikomaksiller Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	59
4.1.7. Zygomaticotemporal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	60
4.1.8. Zygomatikofrontal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	61
4.1.9. Pterygomaksiller Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	61
4.1.10 Maksiller Dentisyonda Meydana Gelen Değişiklikler.....	62
4.2. İnfrazyomatik Plaklar Yardımıyla Maksiller Protraksiyon Modeline ait Bulgular.....	70
4.2.2. Median Palatal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	81
4.2.3. Nazomaksiller Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	81
4.2.4. Frontomaksiller Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	82
4.2.5. Frontonazal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler	82
4.2.6. Zygomatikomaksiller Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	83
4.2.7. Zygomaticotemporal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	84
4.2.8. Zygomatikofrontal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	85
4.2.9. Pterygomaksiller Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	85
4.2.10. Maksiller Dentisyonda Meydana Gelen Değişiklikler.....	86
4.2.11. İnfrazyomatik Plaklarda Meydana Gelen Değişiklikler.....	89
4.2.12. Minividalarda Meydana Gelen Değişiklikler.....	89
5. TARTIŞMA.....	93
5.1. Çalışmanın Amacı	93
5.2. Materyal ve Metod	94
5.2.1. Minivida ve Plakların Modellemesi	95
5.2.2. Aparentlerin ve Ortodontik Ataçmanların Modellenmesi.....	96
5.2.3. Dişleri ve Periodontal Yapıların Modellenmesi.....	97
5.2.4. Modellemenin Tamamlanması	97
5.2.5. Sınır Koşullarının Belirlenmesi	97
5.2.6. Simulasyon Kuvvetinin Uygulanması	98
5.3. Bulgular.....	99
5.3.1. Nazomaksiller Kompleks ve Alveoler Kemikte Meydana Gelen Değişiklikler.....	99
5.3.2. Median Palatal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	101
5.3.3. Nazomaksiller Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	102
5.3.4. Frontomaksiller Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	103

5.3.5. Frontonazal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler	104
5.3.6. Zygomatikomaksiller Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	105
5.3.7. Zygomaticotemporal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	106
5.3.8. Zygomatikofrontal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	107
5.3.9. Pterygomaksiller Süturda Meydana Gelen Değişiklikler.....	107
5.3.10. Maksiller Dentisyonda Meydana Gelen Değişiklikler.....	108
5.3.11. Apareyde Meydana Gelen Değişiklikler.....	109
5.3.12. Miniplak ve Minividalarda Meydana Gelen Değişiklikler.....	110
6.SONUÇLAR.....	112
7. KAYNAKLAR	113
8. EKLER	122
EK-1: Hasta Onam Formu	122
Ek- 2 : İzin Formu	124

SİMGELER ve KISALTMALAR

ABD	<i>Amerika Birleşik Devletleri</i>
CBCT	<i>Cone Beam Computed Tomography</i>
Co	<i>Corporation</i>
CPU	<i>Central processing unit</i>
DOF	<i>Degree of freedom</i>
gr	<i>Gram</i>
gb	<i>Gigabyte</i>
HH	<i>Hybrid-hyrax</i>
inc	<i>Incorporation</i>
inch	<i>inches</i>
kvp	<i>Kilo volt peak</i>
mm	<i>Milimetre</i>
MP	<i>Miniplak</i>
MPa	<i>Megapascal</i>
N/mm²	<i>Newton/milimetre kare</i>
PA	<i>Pennsylvania</i>
PDL	<i>Periodontal ligament</i>
RAM	<i>Random Access memory</i>
USA	<i>United States of America</i>
VR-Mesh	<i>Virtual reality - Mesh</i>
WA	<i>Washington</i>
%	<i>Yüzde sembolü</i>
≈	<i>Yaklaşık sembolü</i>
=	<i>Eşit sembolü</i>

ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
2.1. Gerilme – gerinim eğrisi.....	23



RESİMLER

Resim	Sayfa
2.1. Elemanların yapısına ait görüntü	25
3.1. Activity 880 Optik Tarayıcı	36
3.2. 3D – Doctor Yazılımına ait Görüntü	38
3.3. 3D – Doctor yazılımında segmentasyon işlemine ait görüntü.....	39
3.4. Minivida Modeline ait Görüntü	40
3.5. Miniplak Modeline ait Görüntü	41
3.6. Apareyin ve minividaların modellenmesi	41
3.7. Periodontal Membran Modeline ait Görüntü	42
3.8. Miniplak Final Modeline ait Görüntü	43
3.9. Maksillaya ait sınır koşullarının belirlenmesine ait görüntü.....	45
3.10. Kranial yapıların sınır koşullarının belirlenmesine ait görüntü	45
4.1. HH modeline ait frontal Von Misses gerilmesine ait görüntü	50
4.2. HH modeline ait Von Misses gerilmesine ait oklüzal görüntü.....	50
4.3. HH modeline ait Von Misses gerilmesine ait profil görüntüsü	51
4.4. HH modeline maksimum asal gerilme değerlerine ait frontal görüntü ...	52
4.5. HH modelinde maksimum asal gerilme değerlerine ait oklüzal görüntü.....	52
4.6. HH modelinde maksimum asal gerilme değerlerine ait profil görüntüsü	53
4.7. HH modelinde minimum asal gerilme değerlerine ait frontal görüntü	53
4.8. HH modelinde minimum asal gerilme değerlerine ait oklüzal görüntü.....	54
4.9. HH modelinde minimum asal gerilme değerlerine ait profil görüntüsü	54
4.10. HH modelinde yer değiştirme değerlerine ait frontal görüntü	55
4.11. HH modelinde yer değiştirme değerlerine ait oklüzal görüntü	56
4.12. HH modelinde yer değiştirme değerlerine ait profil görüntüsü.....	56
4.13. Maksiller dentisyona ait Von Misses değerlerine ait görüntü.....	64
4.14. Maksiller dentisyondaki yer değiştirme değerlerine ait görüntü	64
4.15. Maksiller dentisyondaki yer değiştirme değerlerine ait görüntü	65
4.16. Maksiller dentisyondaki yer değiştirme değerlerine ait görüntü	65
4.17. Maksiller dentisyondaki yer değiştirme değerlerine ait görüntü	66

Resim	Sayfa
4.18. Apareyde meydana gelen Von Misses değerlerine ait görüntü	67
4.19. Apareyde meydana gelen Von Misses değerlerine ait görüntü	68
4.20. Apareyde meydana gelen Von Misses değerlerine ait görüntü	68
4.21. Apareyde meydana gelen Von Misses değerlerine ait görüntü	69
4.22. Minivalalarda meydana gelen Von Misses değerlerine ait görüntü	70
4.23. MP modelindeki Von Misses değerlerine ait frontal görüntü.....	73
4.24. MP modelindeki Von Misses değerlerine ait oklüzal görüntü	74
4.25. MP modelindeki Von Misses değerlerine ait profil görüntüsü	74
4.26. MP modelindeki maksimum asal gerilme değerlerine ait frontal görüntü	75
4.27. MP modelindeki maksimum principal değerlerine ait oklüzal görüntü	75
4.28. MP modelindeki maksimum principal değerlerine ait profil görüntüsü	76
4.29. MP modelindeki minimum asal gerilme değerlerine ait frontal görüntü	76
4.30. MP modelindeki minimum asal gerilme değerlerine ait oklüzal görüntü	77
4.31. MP modelindeki minimum asal gerilme değerlerine ait profil görüntüsü.....	77
4.32. MP modelindeki yer değiştirme değerlerine ait frontal görüntü.....	79
4.33. MP modelindeki yer değiştirme değerlerine ait frontal görüntü.....	79
4.34. MP modelindeki yer değiştirme değerlerine ait frontal görüntü.....	80
4.35. MP modelindeki yer değiştirme değerlerine ait frontal görüntü.....	80
4.36. MP modelindeki maksiller dentisyondaki yer değiştirme değerlerine ait görüntü.....	87
4.37. MP modelindeki maksiller dentisyondaki yer değiştirme değerlerine ait görüntü.....	87
4.38. MP modelindeki maksiller dentisyondaki yer değiştirme değerlerine ait görüntü.....	88
4.39. MP modelindeki maksiller dentisyondaki yer değiştirme değerlerine ait görüntü.....	88
4.40. MP modelindeki plaklardaki Von Misses değerlerine ait görüntü	90
4.41. MP modelindeki plaklardaki Von Misses değerlerine ait görüntü	91
4.42. MP modelindeki plaklardaki Von Misses değerlerine ait görüntü	91
4.43. MP modelindeki plaklardaki Von Misses değerlerine ait görüntü	92

TABLolar

Tablo	Sayfa
Tablo 3.1. Elastisite modülü ve Poisson oranları	37
Tablo 3.2. Dügüm ve eleman sayıları	44
Tablo 4.1 HH Aparentine ait Von Misses Değerleri.....	47
Tablo 4.2 HH Aparentine ait Maksimum Gerilme Değerleri.....	48
Tablo 4.3 HH Aparentine ait Minimum Gerilme Değerleri.....	49
Tablo 4.4 MP Aparentine ait Von Misses Değerleri.....	70
Tablo 4.5 MP Aparentine ait Maksimum Gerilme Değerleri.....	71
Tablo 4.6 MP Aparentine ait Minimum Gerilme Değerleri.....	72

1. GİRİŞ

Maloklüzyonlar, ilk kez Angle tarafından sınıf 1, 2 ve 3 olmak üzere üç alt grupta sınıflandırılmıştır (1). Bununla birlikte, maloklüzyonlar transversal, sagittal ve vertikal olarak da uzayın üç yönü kullanılarak da tanımlanmaktadır ve bu sınıflandırmalar için birçok farklı yöntem kullanılmıştır (2-4).

Sınıf 3 maloklüzyonlar, maksilofasiyal yapıları farklı şekillerde etkileyen biçimlerde meydana gelebilmektedir. Maksiller gelişim geriliği, mandibular gelişim fazlalığı ya da her iki durumun kombinasyonu ile oluşabilmektedir (5, 6). Aynı şekilde dişsel olarak maksiller dentisyondaki retrüzyon, mandibular dentisyondaki protrüzyon ya da bu durumların kombinasyonu ile sınıf III maloklüzyon meydana gelebilmektedir (1, 3, 5-8). Sınıf 3 anomalilerin %9 - 45.2 oranda mandibular prognati, %19.1-37.5 oranda ise maksiller retrognati kaynaklı oluşabileceği öne sürülmektedir (6).

Etiyolojik faktörlerin yanı sıra, sınıf 3 maloklüzyonlar farklı toplumlarda farklı oranlarda tespit edilmektedir. Beyaz ırkta görülme insidansı %1 ile %5 arasında değişirken, Çin ve Malezya popülasyonunda bu oran %26 olarak rapor edilmiştir (9, 10).

Maksilla ya da mandibula kaynaklı iskeletsel sınıf 3 maloklüzyonların tedavileri olabildiğince erken dönemde yapılmalı, özellikle erken karma dişlenme -maksiller keserlerin sürmesiyle- tedaviye başlanması önerilmektedir (11). Bu durumun sebebi olarak ortopedik etkinliğin erken safhalarda daha fazla olması ve sirkummaksiller süturların kolaylıkla stimule edilebilmesi gösterilmiştir (11, 12). Şiddetli maloklüzyon varlığında ise ortopedik tedaviye olan cevabın ve başarılı tedavi sonuçlarının elde edilmesindeki güçlükler sebebi ile bu maloklüzyonların ise büyüme dönemi sonunda tedavi edilmesi önerilmektedir.

Büyüme gelişim dönemi içindeki sınıf 3 maloklüzyonların tedavisinde, ortopedik yüz maskesi, çenelik yada fonksiyonel yöntemler tercih edilirken büyüme ve gelişimi büyük ölçüde tamamlanmış hastalarda ise ortognatik cerrahi veya diş çekimi yapılarak/yapılmaksızın kamuflaj tedavisi farklı tedavi alternatifleri arasında yer almaktadır (13-15). Büyüme ve gelişim dönemindeki hastalara uygulanan ortopedik etkili yüz maskesi ile maksillanın çevresindeki suture sistemindeki suturalarda intramembranöz kemikleşme elde edilerek maksillanın büyümesinin uygulanan kuvvet doğrultusunda stimule edilmesi amaçlanmaktadır (12, 16). Ortopedik yüz maskesi kullanımı ile maksilla maksiller dentisyon ile protrakte edilmekte, maksiller keserlerde labializasyon, mandibular keserlerde linguale devrilme ile birlikte alt yüz yüksekliğinde de artış gözlemlenmektedir (16-18).

Yüz maskesi kullanımı sonucu görülen, maksillanın anterior rotasyonu, mandibulanın posterior rotasyonu ve istenmeyen dental hareketler sebebi ile tedavi alternatifi olarak iskeletsel ankraj üniteleri üzerinden maksillaya kuvvet uygulayarak ortopedik tedavi amaçlanmaktadır. İskeletsel ankraj üniteleri üzerinden maksillaya uygulanan kuvvet maksillanın büyüme ve gelişimini stimule etmesinin yanında istenmeyen dental yan etkileri minimize ettiği, aynı zamanda ekstraoral apareylerin kullanımını azaltarak hasta kooperasyonunda ve indirekt olarak da tedavi etkinliği üzerinde pozitif katkı sağladığı rapor edilmiştir (19-22).

Bu çalışmanın amacı, son dönemde maksiller retrüzyona bağlı sınıf III hastalarda güncel bir tedavi yöntemi olarak kullanılan farklı iskeletsel ankraj metodlarının maksillaya uygulanan ortopedik tedavi üzerindeki etkinliklerini farklı klinik senaryolarla karşılaştırarak 3 boyutlu sonlu elemanlar analizi ile incelemektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Sınıf III Maloklüzyonlar

Çene ve yüz bölgesini etkileyen malformasyonlar ortodontinin uzun yıllardır ilgi alanı kapsamındadır. Sınıf 3 maloklüzyonların tedavisinde farklı görüşler olsa da bu bozuklukların tedavileri kadar teşhisleri de önem taşımaktadır (6). Bu durum diş hekimleri açısından negatif overjet ve yüz yapılarıdaki karakteristikleri sebebiyle kolayca teşhis edilebilir bir maloklüzyon olduğu gibi, sınır vakalarında erken dönemde teşhis önemli bir basamak oluşturmaktadır (5).

2.1.1 Maloklüzyonun tanımı ve Özellikleri

Sınıf 3 maloklüzyon, literatürde farklı yazarlar tarafından '*edge to edge*' kapanış, '*underbite*', mezial oklüzyon, anteverسیون, *progeni* yada makrognatizm gibi isimlerle tanımlanmıştır (23). Günümüzde kullanılan sınıflandırmada ise Angle, 1899 yılında maloklüzyonları gruplayarak sınıf III olarak adlandırmıştır (1).

Angle'a göre, sınıf 3 maloklüzyonlar mandibulanın prognatik olması, mandibular dentisyonun mezioklüzyonda olması ve negatif overjet ile karakterizedir (1, 8). Bu tanımlama literatürde geniş kabul görmüş olsa da uzayın üç yönü için de değişik komponentleri barınması sebebiyle bazı limitasyonları bulunmaktadır (2, 3).

Ellis ve McNarama, 302 erişkin hasta üzerinde yaptıkları araştırmada hastaların %19.5'inde maksiller retrognati, %19.1'inde mandibular prognati

ve %30'unda ise maksillo-mandibular uyumsuzluğa bağı sınıf 3 maloklüzyonun mevcut olduğunu rapor etmişlerdir (6).

Guyer ve ark. ise, 144 sınıf 3 hasta üzerindeki yaptıkları araştırmada hastaların %25'inde maksiller retrognati, %20'sinde mandibular prognati ve %22'sinde ise hem maksillada hem de mandibuladaki iskeletsel uyumsuzluğa bağı sınıf 3 maloklüzyon oluştuğunu bildirmişlerdir (5).

Wu ve ark., sınıf 3 maloklüzyonu olan hastaları inceledikleri çalışmada maksiller retrognatiye sahip hastaların %75 civarında olduklarını rapor etmişlerdir (24).

Yapılan çalışmalara göre sınıf III maloklüzyonun farklı bileşenleri ise;

- Mandibulanın prognatik, maksillanın normal konumda olduğu durum
- Maksillanın retrognatik, mandibulanın normal konumda olduğu durum
- Maksillanın retrognatik konumlandığı, mandibulanın prognatik konumlandığı kombinasyon durumu
- Maksilla ve mandibulanın normal konumda olmaları ile birlikte maksiller keserlerde retroklinasyon ve/veya mandibular keserlerde proklinasyon ile negatif overjetin mevcut olduğu durumlar olarak sıralanabilir (2-6, 23, 25-28).

Sınıf III maloklüzyonun genel olarak özellikleri maloklüzyonun etyolojik faktörüne ve morfolojik özelliklerine göre bazı karakteristiklere sahiptir;

- ANB açısı genellikle azalmıştır ve negatif değerlere sahiptir
- Maksiller retrüzyona bağı sınıf III'lerde SNA açısında azalma meydana gelir

- Mandibular prognatiye bağlı sınıf III'lerde SNB açısında artma meydana gelir
- Mandibular korpus uzunluğu artmış yada maksiller efektif uzunluk azalmıştır
- Maksiller keserlerde protrüzyon, mandibular keserlerde ise lingual inklinasyon mevcuttur
- Genellikle alt ön yüz yüksekliğinde artış gözlenir
- Mandibular kondil glenoid fossa içerisinde daha posteriorda konumlanmıştır (4, 7, 26, 28).

Sınıf 3 olgularda klinik olarak azalmış fasiyal konveksite ve konkav profil yapısı, azalmış nazomaksiller kompleks ve zygomatik yapı belirginliği ile artmış çene ucu belirginliği izlenmektedir (5). İntraoral olarak ise negatif overjet, sınıf 3 molar ilişkisi ve posterior çapraz kapanış genellikle bu maloklüzyona eşlik etmektedir. Ayrıca tedavi edilmemiş iskeletsel sınıf 3 vakalarda konuşma bozukluğu izlenmekte ve özellikle 'f' ve 'v' harflerinin telaffuzunda bozukluk görülmektedir (29, 30).

2.1.2. Epidemiyoloji

İskeletsel maloklüzyonlar farklı toplumlarda farklı oranlarda ortaya çıkabilmekte ve bu farklılıklar kadar genetik dağılımın da ortopedik anomalilerin gelişiminde rolü olduğu düşünülmektedir (31, 32) .

Sınıf III maloklüzyonun beyaz ırkta görülme insidansı daha küçük iken, asya popülasyonunda daha sık rastlanmaktadır (24, 33). Sınıf III maloklüzyonun en az görüldüğü popülasyon ise siyah ırktır (33).

Lew ve ark.'nın 1050 hasta üzerinde yapmış oldukları çalışmada sınıf 3 maloklüzyon görülme insidansını %12.7 olarak rapor etmelerine karşın, Gelgör ve ark. 240 hastada yapmış oldukları incelemede Türk toplumunda sınıf III görülme insidansını %10.30 olarak bulmuşlardır (34, 35). Benzer

şekilde Çelikoğlu ve ark. 1507 hastayı incelemiş ve sınıf III maloklüzyonun 252 bireyde %16.7'lik oranda görüldüğünü rapor etmişlerdir (36).

2.1.3 Etiyoloji

Maloklüzyonların etiolojisindeki en sık nedenin genetik olduğu bildirilmektedir (37, 38). Sınıf 3 maloklüzyonlarda genetiğin rolü, 14.yy' da Avusturyalı Habsburg ailesi üzerinde yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (38, 39). Habsburg ailesi üzerindeki morfometrik ve antropometrik çalışmalarda bireylerin belirgin bir çene ucu, belirgin ve protrüze bir alt dudak ile belirgin nazal projeksiyona sahip oldukları bulunmuştur (38, 39). Sınıf III maloklüzyonda genlerin daha çok heterojenik mandibular ontogenite sonucu ortaya çıkan faktörlere bağlı geliştiği ve mandibulayı daha fazla etkilediği düşünölmektedir (32, 40).

Habsburg ailesi üzerindeki çalışmalar mandibular büyüme üzerindeki genlerin etkisine ışık tutsa da maksiller gelişim geriliği genlerden etkilendiği kadar çevresel faktörler, gelişimsel etkenlerden, çevresel faktörlerden ve epigenetikten etkilenebilmektedir (40, 41). Hipertrofik tonsiller, nazal septum deviasyonu, kronik nazal konjesyon, sinüzit yada solunum yollarını tıkayan etkenler, anormal dil posturu, yumuşak dokuların çekme etkisi, kas fonksiyonları ve üst dudağın maksilla üzerindeki pozitif basıncı, crouzon sendromu, apert sendromu, pfeiffer sendromu gibi craniosynostozislerin mevcudiyeti, nazomaksiller bölgenin travmatize olması yada alışkanlıklar sınıf III maloklüzyonların ortaya çıkmasındaki önemli etyolojik faktörlerdendir (4, 11, 25, 26, 28, 41).

2.1.4. Tedavi Alternatifleri

Sınıf III maloklüzyonların tedavisi, hastanın büyüme dönemi, maloklüzyonun şiddeti, maloklüzyonu oluşturan komponentler ve hastanın beklentileri gibi çeşitli durumlara bakılarak planlanmaktadır. Buna göre tedavi

seçenekleri; ortopedik tedaviler, ortognatik cerrahi ve ortodontik kamuflaj olmak üzere üç ana başlıkta incelenebilir (4, 11, 22, 42).

2.1.4.1. Ortopedik Tedaviler

İskeletsel maloklüzyonların tedavisinde uzun yıllardır kullanılan ekstraoral kuvvetler sınıf 2 maloklüzyonlarda olduğu gibi sınıf 3 maloklüzyonların tedavisinde de kullanılmaktadır (43, 44). Bu amaçla maksiller retrüzyona bağlı sınıf III maloklüzyonlar ortopedik etkili yüz maskesi ile tedavi edilmektedir (25).

Yüz maskesi, maksillanın etrafındaki sirkummaksiller suture sistemini stimule ederek burada membran içi kemikleşme yaratmakta ve sonuçta maksillanın öne doğru olan büyümesi ile maloklüzyon tedavi edilmektedir (45).

Literatürde ilk yüz maskesi çalışmalarından birini gerçekleştiren Dellinger, iki Macaca Specioza maymunu üzerinde yaptığı çalışmada, deneklerin maksillalarına güvenilir bir landmark oluşturmak için pilot delikler açarak buraya çelik tellerden yapılan implantlar yerleştirmiş, bunun ardından maymunların hareketini ve aparey stabilitesini arttırmak için tasarlanan aparey ve düzenekte bir hafta boyunca 6 pound (2.7 kg.) kuvvet uygulamış ve sonrasında sefalometrik kıyaslama ile değişikliklere bakıldığında maksillanın öne doğru belirgin miktarda (2-2.8mm) hareket ettiğini bulmuştur (46).

Ciaburro ve ark., Delbet-Teisser tipi bir eksternal fiksasyon apareyi kullanarak, sendromik durum ya da travma kaynaklı orta yüz geriliği mevcut olan hastaların tedavisini bir çeşit distraktör benzeri aparey ile gerçekleştirmişler ve bu apareyin dişsiz hastalarda ya da greftleme gereksinimi ihtiyacında yardımcı olacağı görüşünü savunmuşlardır (47).

İrie ve Nakamura, erken çocukluk çağındaki hastaların maksillalarına uygulanan kuvvet ile bütün orta yüz bölgesinin protrakte edilebileceğini bildirmektedir. Çalışmada maksilla ve mandibulanın büyümesinin koordine edilebileceği ve çene ilişkilerinin düzeltilebileceği de rapor edilmiştir (48).

Kambara ve ark., insan anatomisine ve büyüme paternine en yakın canlı olarak kabul ettikleri 7'si karma dentisyonda 4 'ü ise daimi dentisyondaki 11 Macaca Irus maymunu üzerinde yaptıkları çalışmada, maymunların maksillasına implantlar yerleştirdikten sonra ekstraoral bir apareyden destek alarak ağız içerisinde ankraj ünitesi birinci molar ve keserler olan bir tasarım üzerinden 300 gr. 'lık intermittent kuvveti (aralıklı kuvveti) 90 gün boyunca günlük 15 saat olacak şekilde uygulamışlardır. Tedavi periyodunda ise kemiksel birikimleri incelemek amacıyla tetrasiklinin kemik matriks minerallerine tutunduğunu öngörerek histolojik marker olarak kullanılmıştır. Tedavinin ardından yapılan incelemelerde ise sütural marjinlerde ve intermediate zone'da kemiksel birikim gerçekleştiği, maksillanın anteriora doğru hareket ederken hafif miktarda da saat yönünün tersinde rotasyon yaptığını bildirilmektedir (49).

Nanda (50), 9 Macaca Mulatta maymunu üzerinde yapmış olduğu çalışmada maksiller dişleri ve palatinal bölgeyi de kaplayacak döküm bir aparey üzerinden maksilaya anterior yönde kuvvet uygulamıştır. Çalışmada daha öncekilerden farklı olarak kuvvetin uygulanma doğrultusu da rotasyon merkezine göre hesaplanmış ve biyomekanik olarak maksillanın rotasyonel değişikliğe uğramasına engel olunmaya çalışılmıştır. Sonuçta maksilla anteriora doğru yer değiştirme gösterirken, sirkummaksiller süturlarda oksitetrasiklin birikimine bakılarak yeni kemik apozisyonu gözlemlendiği rapor edilmiştir.

Jackson ve ark. (51), 4 Macaca Nemestrina maymununun maksiller palatal, bukkal ve labial alanlarını kaplayan ve maksiller kanin dişleri hizasında çengelleri olan bir aparey dizaynını kullanarak maksilla üzerine protraksiyon kuvveti uygulamışlardır. 63 ile 114 gün arasında değişen tedavi

süresi boyunca deneklere 300 gr.'lık protraksiyon kuvveti uygulanmış ve sonuçlar hem sefalometrik, hem de histolojik olarak incelenmiştir. Sefalometrik incelemede güvenilirliği arttırmak amacıyla maksillada bilateral olarak zygomatikmaksiller, zygomaticotemporal, nazomaksiller, frontomaksiller, premaksillomaksiller ve frontozygomatik süturlara ve mandibulada ise symphysis, gonial ve premolar bölgelere, ayrıca temporal kemik ve kranial kaideye toplam 24 metalik implant yerleştirilip çakıştırma amacıyla kullanılmıştır. Tedavi sonuçları kıyaslandığında maksillanın çok az miktarda saat yönünün tersine rotasyon yaptığı, daha çok anteriora doğru displacement meydana geldiği, sadece süturlarda değil eksternal yüzeylerde de kemik apozisyonu meydana geldiğini ve nazomaksiller kompleksin reorientasyonunun gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Nanda (52), 1980 yılında yaptığı çalışmada yaşları 9 ile 13 arasında değişen maksiller retrüzyona sahip hastanın tedavisinde modifiye maksiller protraktör kullanmıştır. Modifiye maksiller protraktör, çene ucundan destek alan bir parçası ile ağız içinden ankraj alan bir destek ünitesine sahip bir apaceydir ve ağız içindeki ankraj ünitesinden ekstraoral üniteye elastikler asılarak maksillaya 500-750 gr.'lık kuvvetler günlük 20-22 saat anteriora doğru yönlenecek şekilde uygulanmıştır. Ortalama 4-8 aylık bir tedavinin ardından maksillada 1-3 mm.'lik anterior hareket gözlemlenmiş, mandibulada B noktasında relokasyon meydana gelerek sınıf III maloklüzyonda da iyileşme kaydedilmiştir. İskeletsel etkilerin yanında negatif olarak maksiller keserler labiale doğru eğimlenmiş, mandibular keserler ise linguale doğru devrilmiştir.

DeneySEL çalışmalardaki başarıların ardından, 1971 yılında Delaire (53), maksiller retrüzyona sahip hastalarda alın ve çene ucundan destek alan yüz maskesini popülerize etmiştir, bunun ardından ise Petit (54, 55), yüzün midsagittal düzleminde uzanan metal bir bardan oluşan ve yine alın ile çene ucundan destek alan Petit Tip yüz maskesini tanıtmıştır. Günümüzde özellikle maksiller retrüzyona sahip hastaların tedavisinde en sık kullanılan

ekstraoral aparey olma özelliğindedir (4). Diğer yüz maskesi modifikasyonları ise;

- Grummons
- Dahan
- Tübingen'dir (4, 56).

Ortopedik yüz maskesi kullanımı ile oluşan etkiler ise;

- Maksillanın bazal kaidesi ile anteriora displacement göstermesi
- Maksillada anterior rotasyon
- Maksiller dentisyonda mezializasyon ile posteriorda hafif ekstrüzyon
- Maksiller keserlerde labial yönde hareket
- Mandibulanın posterior rotasyonu
- Mandibular keserlerde lingual inklinasyon
- Alt ön yüz yüksekliğinin artması
- Fasiyal konveksitede artış
- Alt dudağın geriye, üst dudağın öne doğru hareketi
- Overjette artış ile overbite'da azalma (4, 22, 25, 52, 56, 57).

Yüz maskesinin uzun yıllarıdır elde edilen sonuçları doğrultusunda bazı gereksinimler ortaya çıkmıştır. Bunlardan birincisi, yüz maskesi kullanımı ile oluşan maksiller dentisyonun mezialize olarak ankraj kaybına ve buna bağlı ortopedik etkinin azalması ile sonuçlanan yan etkisidir (20, 45, 58-61). Aynı zamanda mandibuladan destek alınıp uygulanan yüz maskesi tiplerinde mandibula posterior rotasyon yapmakta, büyüme yönü değişmekte ve yüz yüksekliğinde vertikal olarak artış meydana gelmektedir. Bazı hasta gruplarında bu tarz yan etkilerin eliminasyonu için iskeletsel ankraj üzerinden kuvvetin uygulanması gündeme gelmiştir (58, 62-64).

Kokich ve ark.(65), maksiller retrüzyona sahip 5 yıl 7 ay kronolojik yaşa sahip Apert sendromlu hastanın maksiller süt kaninlerini çekip sonra

reimplate ederek yapay ankiloz oluşturmuşlardır. Daha sonra maksilla üzerine protraksiyon kuvveti uygulamışlardır ve tedavi sonucunda ise etkili bir şekilde maksillanın anteriora doğru 4mm. hareket ettirmişlerdir. Yazarlar, maksillanın hareketi sırasında maksiller dişlerde istenmeyen diş hareketlerinin elimine edilebileceğini vurgulamışlardır. Kokich'in yapmış olduğu bu çalışmadan sonra bu konuya ilgi artmıştır.

Singer ve ark. (66), dudak-damak yarıklı maksiller retrüzyona sahip 12 yıl 1 ay yaşındaki kız hastada zygomatik buttress bölgesine protetik implantları yerleştirmiş ve 6 ay osseoentegrasyonunu beklemiştir. Entegrasyonun ardından özel hazırlanan abutmentların yardımı ile maksillaya günlük 14 saat 400 gram kuvveti 8 ay süre ile bilateral olarak uygulanmıştır. Tedavinin ardından maksillanın 4 mm. anteriora doğru hareket ettiğini rapor eden araştırmacılar, infraorbital bölgenin ve nazal yapıların belirginliğinin arttığını da bildirmişlerdir. Tedavi sürecinde istenmeyen bir etki olarak mandibula posteriora doğru rotasyon yapmıştır ve mandibular düzlem açısında da artış gözlemlenmiştir.

2006 yılında Kırçelli ve ark. (20), maksiller retrüzyona bağlı sınıf III maloklüzyona sahip 6 hastanın yüz maskesi ile tedavisi sırasında maksillanın nazal aperturalarının lateral kısımlarına cerrahi plakları modifiye ederek yerleştirmiş ve protraksiyon kuvvetini bu yerleştirilen plaklar üzerinden uygulamıştır. Tedavinin ardından yapılan analizlerde maksilladaki hareket miktarı 4.8 ± 2.0 mm. olarak bulmuştur. Aynı zamanda maksiller dentisyonda da minimal hareket rapor etmişlerdir.

De Clerck ve ark. (67), daha önce yapılan iskeletsel ankrajla maksiller protraksiyon çalışmalarından farklı olarak hem maksillaya hem de mandibular syphysis bölgesine miniplak yerleştirerek kuvveti ekstraoral bir aparey olmadan direkt olarak iskeletsel ünitelerden uygulamışlardır. Vaka rapounda 3 hasta üzerindeki gözlemler aktarılmıştır ve yazarlar bu yöntemin maksiller retrognatide faydalı bir yaklaşım olduğunu rapor etmişlerdir.

De Clerck ve ark. (68), 21 hasta üzerinde yaptıkları çalışmada yaş ortalaması 11.1 yıl olan, maksiller retrognatiye bağlı sınıf III maloklüzyona sahip hastaların tedavisi sonuçlandırıldığında maksilla ortalama 4 mm. anteriora doğru hareket etmiş, mandibulada minimal seviyede rotasyonel değişiklik izlenmiş (yaklaşık 1°), vertikal boyutlarda herhangi bir değişiklik olmadığı ve dental yapılarda da herhangi bir majör yan etki meydana gelmediği rapor edilmiştir.

Cha ve ark. (69), 8 yaşında maksiller retrüzyona bağlı sınıf III maloklüzyona sahip hastanın tedavisini anlattıkları vaka raporunda, maksiller zygomatik bölgeye modifiye cerrahi plakları bilateral olarak yerleştirmiş ve bunların üzerinden maksillaya 300 gramlık kuvveti günde 12-14 saat uygulamışlardır. Tedavi ortalama olarak 14 ay devam etmiştir. Tedavi sonunda yapılan analizde molar ilişkisinin sınıf II olduğu ve maksillanın 8.1 mm anteriora doğru hareket ettiğini bildirmişlerdir.

Şar ve ark. (70), 45 hasta üzerinde yaptıkları araştırmada iskeletsel ankraj ile maksiller protraksiyon sonrası oluşan dental, iskeletsel ve yumuşak doku değişikliklerini incelemişlerdir. Hastalar, vertikal olarak normal oranlara sahiptir ve maksiller retrüzyona bağlı sınıf III maloklüzyon ile beraber anterior çapraz kapanışa sahiptirler. Üç farklı gruba ayrılan hastalardan birinci grup iskeletsel ankraj ve yüz maskesi ile, ikinci grup konvansiyonel yüz maskesi ile tedavi edilirken, üçüncü grup ise kontrol grubu olarak incelenmiştir. Sonuçlar analiz edildiğinde, iskeletsel ankraj grubunun tedavisinin ortalama 6.78 ay, konvansiyonel yüz maskesi grubunun ise ortalama 9.45 ay sürdüğü görülmüştür. İskeletsel ankraj ile maksiller protraksiyon uygulanan hastalarda maksiller kompleks ortalama 2.3 mm anteriora hareket ederken konvansiyonel yüz maskesi grubunda 1.83 mm'lik anterior hareket gerçekleşmiştir. İki grubun birbirinden temel farkı ise iskeletsel ankraj grubunda maksiller protraksiyon sırasında konvansiyonel yüz maskesi grubuna göre minimal rotasyonel değişikliklerin izlenmesidir. Kontrol

grubunda ise sınıf III maloklüzyonda herhangi bir iyileşme meydana gelmemiştir.

Ngan ve ark. (71), 40 maksiller retrüzyona bağlı sınıf III hastayı iki gruba ayırarak diş destekli ve iskeletsel ankraj destekli apareylerle tedavi etmişlerdir. Tedavi protokolünün etkilerini karşılaştırabilmek için ise kontrol grubu kullanılmıştır. Sonuçlar analiz edildiğinde ise diş destekli protraksiyon grubunda maksiller keserlerin daha fazla procline olduğu, maksiller dentisyonun daha fazla anteriora hareket ettiği, overjetin daha fazla artış gösterdiği ve molar ilişkisinin daha iyi düzeldiği gözlemlenirken, iskeletsel ankraj grubunda A noktasının daha az vertikal yönde hareket ettiği, maksiller keserlerin daha dikey yön değiştirdiği ve mandibular düzlem açısında daha az açılma meydana geldiği rapor edilmiştir.

1970 yılında Frankel (72), maksiller retrüzyonda bir çeşit fonksiyonel aparey olan fonksiyonel regülatörün kullanımını önermiştir. Fonksiyonel regülatörün amacı dudak, yanak ve dilin konumunu değiştirmek, kuvvet eliminasyonu prensibi ile ortadan kaldırmak, yeni konumuna adapte etmek ve fonksiyonları değiştirmektir. Apareyin bileşenleri; bukkal bölgede yanak kuvvetlerini elimine etmeye yarayan yanak perdeleri, apareyin türüne göre değişen ve dudakların arkasında bulunan dudak yastıkları ve labial, palatal ve lingual telden oluşan iskelet kısmıdır (11, 42).

Frankel (72), maksiller retrüzyona bağlı sınıf III hastaların tedavisinde geliştirdiği fonksiyonel regülatörü kullanmış ve daha sonra bir çok yazar maksiller retrüzyona bağlı sınıf III maloklüzyonlarda başarılı tedavi sonuçları rapor etmişlerdir (42, 72-78). FR-III apareyinin temel etkisi maksillanın büyümesini sınırlandıran fonksiyonel etkiyi yok etmek üzerinedir, yanak kasları yanak perdeleri ile elimine edilir ve m.orbicularis oris ise dudak yastığı tarafından elimine edilir, bu sayede maksillanın hem transvers hem de sagittal yönde gelişimi stimule edilmiş olur. Dental etkisi az olsa da minimal dental cevap da oluşabilir, Harvold'un (79) önerdiği diferansiyel diş hareketleri gerekli ise uygulanarak hafif düzeltimler elde edilebilmektedir.

Loh ve ark. (80), maksiller retrüzyona bağlı sınıf III maloklüzyona sahip hastaların tedavisinde Frankel 3 apareyini kullanmışlar ve tedavi sonucunda yaptıkları sefalometrik superimpozisyonda başlangıç ile kıyasla A noktasının konumunda belirgin bir artış rapor etmemişlerdir, fakat tedavi sonunda overjette belirgin artış gözlemlemişlerdir.

Kerr ve ark. (81), 1988 yılında 66 birey üzerinde yapmış oldukları çalışmada anterior çapraz kapanışı olan ve sınıf 3 maloklüzyona sahip hastaları Frankel 3, maksiller hareketli aparey ve edgewise apareyleri ile üç gruba ayırarak tedavi etmişlerdir. Tedavi sonuçları her üç apareyin için de kıyaslandığında sınıf III maloklüzyonun tüm gruplar için de düzeldiği, mandibulanın posterior rotasyonu ile SNB açısında azalma ile alt yüz yüksekliğinde artış gözlendiğini söylemişlerdir. Frankel grubunda bu değişikliklerden farklı olarak diğer gruplara kıyasla anlamlı derecede, kranial fleksiyonun arttığı ve iskeletsel maloklüzyonun iyileştiğini rapor etmişlerdir.

Aytan ve ark. (73), frankel apareyinin dudak ve yanakları elimine ederek etki gösterdiğini, maloklüzyonun düzeltiminde bu mekanizmanın önemli olduğunu ve iskeletsel etkinin belirgin olarak elde edilebilmesi için olabildiğince erken dönemde kullanılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Ülgen ve Fıratlı (82), 1994 yılında 40 hasta üzerinde yaptıkları çalışmada maksiller retrüzyona bağlı sınıf 3 hastalara Frankel 3 apareyini ortalama 1.9 yıl kullandırmışlar ve tedavi sonrasında kontrol grubuyla kıyaslandığında overjette belirgin artış ile birlikte maksiller keserlerde belirgin labial hareket ve mandibular keserlerin inklinasyonunda azalma gözlemlemişler ancak fakat SNA açısında ve A noktasının konumunda belirgin bir değişiklik gözlemlenmediğini rapor etmişlerdir.

Yan ve ark. (77), Medline, Cochrane, Embase, VIP Database, Scirus, Scopus ve WHO veri tabanını tarayarak uyguladıkları meta-analizde SNA açısında kısa ve uzun dönemde anlamlı farklılık gözlemlenmezken, SNB açısında kısa ve uzun dönemde anlamlı derecelerde azalmadan söz

etmişlerdir. Çalışmaya dahil edilme kriterlerine uyan 7 adet çalışma olduğunu ve örneklem sayısının az olmasından dolayı yazarlar konu ile ilgili kesin yargıya varılamayacağını da belirtmişlerdir.

Maksiller retrognati ile beraber mandibular prognati de uzun yıllar boyunca ortodontistlerin ilgi alanında olmuştur. Angle (1, 83), sınıf III maloklüzyondan çoğunlukla mandibular prognatiyi sorumlu tutmuştur ve tedavisi için bazı yazarlar cerrahi tedavi alternatiflerini ön plana çıkarırken bazı yazarlar ise ortopedik tedavi konusunda önerilerde bulunmuştur (11, 57, 59, 84, 85).

Hunter (86), *The Natural History of the Human Teeth* adlı kitabında "Alt çenenin üst çeneye göre önde olması durumuna sıkça rastlanmaktadır ve ağız kapandığında dişlerin uyumsuz olmasına, yüz yapılarının etkilenmesine neden olmaktadır" diye belirtmiştir.

Çenelik, mandibulanın büyümesinin sınırlandırılması için kullanılan apareylerden biridir. Literatürde mandibular prognatinin tedavisinde kullanılan ilk apareyler günümüzde kullanılan apareylere benzer şekilde çene ucuna superior ve posterior kuvvet uygulayacak şekilde tasarlanmışlardı (87). Çenelik tasarımlarının ortopedik tedavinin ilk yıllarında başarısız olmasını ise Graber (57), yetersiz kuvvet üretimi ve tedavi zamanlamasının henüz yeterince bilinmemesine bağlı olarak büyümenin geç dönemde başlaması ile sadece mandibulanın rotasyona zorlanması şeklinde yorumlamaktadır.

Thilander (88), mandibular büyümenin yavaşlatılıp, büyümenin yönünün değiştirilebileceğini ve sınıf 3 olgularının tedavisinde çeneliğin bir tedavi alternatifi olduğunu bildirmiştir.

Graber (57, 89), mandibular prognatiye bağlı sınıf III maloklüzyona sahip yaşları 5 ile 8 arasında değişen 30 çocuk hastanın üzerinde çalışmıştır. Hastalara başlangıçta 150-300 gr.'lık kuvvet yüklemesi yapılırken tedavinin ilerleyen safhalarında tek taraflı en az 450 gr.'lık kuvvet uygulanmış ve

maksillomandibular ilişkinin düzelmesinin ardından aparey en az 3 yıl retainer olarak kullanılmaya devam etmiştir. Tedavi sonunda ise yapılan incelemelerde maksillanın normal büyümeye yakın büyüme sergilediği, mandibulanın posterior rotasyon yaparak büyümesinin devam ettiği fakat kontrol grubu ile kıyasla büyümenin daha az oranlarda gerçekleştiğini söylemiştir.

Wendell ve ark. (90), 17 mandibular prognatiye sahip sınıf III hasta üzerinde yaptıkları longitudinal araştırmada, hastalar ortalama olarak 3 yıl 1 ay aktif çenelik kullanmışlardır ve aktif dönemin ardından retansiyon amacıyla kullanıma devam etmişlerdir. Tedavi sırasında ve sonrasında alınan sefalometrik radyograflar kontrol grubuyla kıyaslandığında mandibulanın efektif uzunluğunda %60-%68 oranında azalma gözlemlenmiş, dentisyon sınıf I oklüzyona gelmiş ve fasiyal profilde önemli iyileşmeler kaydedilmiştir. Yazarlar ayrıca sadece aktif tedavide değil bunun sonrasında da ortalama %55-61 oranında mandibuler büyümede azalma gözlemlendiğini de savunmuşlardır.

Chatzoudi ve ark. (91), randomize kontrollü çalışmalar ve kohort çalışmaların dahil edildiği sistematik incelemede, beş çalışma içerisinde yedi grubu araştırmaya dahil etmiş ve analizlerin sonucunda düşük-orta kaliteli veriler elde edilmiştir. Araştırmada kontrol grubuyla kıyaslandığında, çeneliğin SNB ve gonial açıda belirgin azalmaya, ANB, SN-ML, N-Me, wits değeri ve overjetle artışa sebep olduğu rapor edilmiştir.

2.1.4.2. Ortognatik Cerrahi

Sınıf III maloklüzyonların tedavisinde bir diğer alternatif ise ortognatik cerrahidir. Ortognatik cerrahi literatüre bakıldığında ilk zamanlarda daha çok mandibulaya yönelik bir prosedürken ortognatik cerrahi alanında yapılan çalışmalarla alanı daha da genişlemiştir (92, 93).

1849'da Hullihen'in korus üzerinde mandibuladaki defekti onarmak için yaptığı çalışma ile prognatik mandibulaya sahip hasta tedavi edilmiştir. Obwegeser(94, 95), ortognatik cerrahi de sagittal split osteotomisi yöntemini tanıtmış ve günümüzde de en çok kullanılan ortognatik cerrahi girişimlerinden birisi 1957 'den itibaren popülerize olmuştur.

Bell (92), ortognatik cerrahi alanında yapılan daha önceki çalışmaları da sentezleyerek iskeletsel maloklüzyonun sadece estetik olarak değil fonksiyonel olarak da düzeltilmesinde literatüre yeni bir bakış açısı kazandırmıştır.

Şiddetli sınıf III maloklüzyonsa sahip olan yada büyüme ve gelişimini tamamlamış ortopedik tedavi endikasyonu olmayan hastaların tedavisinde ortognatik cerrahi tercih edilmektedir (4, 25, 96, 97).

Maksiller retrognatiye sahip hastaların ideal fasiyal estetik ile mevcut dental bozukluklarının tedavisinde genellikle LeFort I osteotomisi ile maksiller ilerletme cerrahisi uygulanmaktadır (98)

Uygulanacak cerrahi prosedüründen önce genellikle ortodontik tedavi dental kompanzasyonları çözmek, spee eğrsini düzleştirmek, dişleri ideal konumuna almak, keserlerin inklınasyonlarını düzeltmek ve arkları ortognatik cerrahiye hazırlamak için uygulanmaktadır (4, 99).

2.1.4.3. Ortodontik Kamufraj

Maksillo-mandibular uyumsuzluğa bağlı sınıf III maloklüzyona sahip hastaların tedavi alternatiflerin birisi de kamufraj tedavisidir (25). Kamufraj tedavisi, genellikle ortognatik cerrahi alternatifini kabul etmeyen, ortognatik cerrahi endikasyonu olup medikal nedenlerden ötürü cerrahi uygulanamayan yada iskeletsel maloklüzyonun fasiyal yapılara minimal ekspresyon gösterdiği hastalarda dentoalveoler kompenzasyon amacıyla gerçekleştirilir.

Kamufraj tedavisinde, dişler çene kavsi üzerinde altta yatan iskeletsel bozukluğu dengelemek için hareket ettirilirlir. Dentoalveoler kompenzasyon ile iskeletsel uyumsuzluk herhangi bir iyileşme göstermese de dental estetik iyileşebilir, hasta beklentilerine cevap verilebilir yada hasta ortognatik cerrahi kadar ideal olmasa da daha iyi bir konuma getirilebilir (4, 100).

Sınıf III iskeletsel bozukluğa sahip hastaların kamufrajında alternatifler; diş çekimi düşünülmeden yapılan kamufraj tedavisi, mandibular birinci veya ikinci premolar çekimi yapılarak uygulanan kamufraj tedavisi, mandibular birinci veya ikinci premolar çekimi ile maksiller birinci yada ikinci premolar dişlerin çekimi yapılarak uygulanan kamufraj tedavisi ve mandibular kesici diş/dişlerin çekimi yapılarak uygulanan kamufraj tedavisi olmak üzere sıralanabilir (4, 25, 101).

Burns ve ark. (100), iskeletsel sınıf III maloklüzyona sahip 30 hastayı kamufraj tedavisi ile tedavi etmişlerdir. Tedavi sonucunda hastaların fasiyal estetiğinin iyileştiğini, dudakların konumunun tedavi sonrasında daha iyi bir hal aldığı ve oklüzyonun sağlandığını rapor etmişlerdir. Tedavi edilen ve tedavi edilmeyen hasta gruplarının periodontal desteği karşılaştırıldığında diş eti çekilmesi ya da alveoler kemik kaybı açısından aralarında belirgin bir fark olmadığını ileri sürmüşlerdir. Yazarlar, başarılı kamufraj tedavisi için Wits değerinin önemini vurgulamışlardır ve Wits değerinin 5 mm. ve altında kalan hastaların kamufraj tedavisi için daha uygun olduğunu söylemişlerdir.

Asensi (102), ortodontik kamufrajın dikkatle planlanmasını ve tedavi için seçilen hastalara belli limitler dahilinde yaklaşılması gerektiğini söylemiştir. Bu limitleri ise; iskeletsel maloklüzyonun şiddeti oklüzal uyumsuzluğun boyutları, periodontal dokuların mevcut durumu, fasiyal estetik ve hastanın beklentisi olmak üzere beş ana başlıkta sıralamıştır.

2.2. Fiziksel Gerilme ve Stress Ölçüm Metodları

Ortodontik kuvvetin dokularda oluşturduğu stress ve gerilimi ölçmek için literatüre bakıldığında farklı yöntemler kullanıldığı görülmektedir (103). Bu metodların bazıları kuvvetin biyolojik dokularda meydana getirdiği etkileri incelemek için başarılı bulunurken bazıları ise sadece tahmin metodu olarak kullanılmaktadır.

2.2.1. Deney Hayvanları

Deney hayvanları üzerindeki çalışmalarda uygulanan kuvvet ya da etken yaşayan hücrelere etki gösterdiğinden avantajlı olsa da elde edilen verileri tamamıyla insan dokuları ile körele etmek ve yorumda bulunmak kesin sonuçlar vermemektedir. Ortodonti literatüründe bu konunun öncülerinden olan Oppenheim (104), özellikle diş hareketi sırasında kemik ve çevre dokularının cevabı üzerinde çalışmalar yapmıştır.

2.2.2. Matematik Modelleme Metodu

Bu teknikte, modeller, şekiller, form ya da fonksiyon gibi veriler matematiksel denklemlere dönüştürülerek değerlendirilmeye çalışılır. Amaç tahmin edilebilir analiz denklemleri türetmektir (105).

2.2.3. Foto-elastik Stress Analizi

Laboratuvar şartlarında, modelleme ve hazırlık aşamalarından sonra özel ekipmanlar yardımıyla analiz gerçekleştirilir. Diş hekimliğinde, özellikle protetik ya da restoratif materyallerin geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Ortodontide ise genellikle kuvvet altında kalan basınç alanlarında meydana gelen değişiklikleri izlemek için kullanılır (106).

2.2.4. Lazer Holography

Deneysel şartlarda modeli hazırlanan araştırma materyalinin üzerine uygulanan kuvvet ile meydana gelen yüzeysel stres analizlerini yapmak mümkündür. Ortodontide ise daha çok diş hareketlerinde meydana gelen küçük değişiklikleri ölçmek için hassas bir yöntem olduğu için kullanılmıştır (107).

2.2.5. Sonlu Elemanlar Analizi

Sonlu elemanlar, bir yapıyı oluşturan bileşenlerin tahmin edilebilir sonlu sayıda parçaya ayrılması ve incelenmesi ile yapılan bir analizdir (108). Ortodontide, diş hareketlerinin simülasyonu, ortodontik mekaniklerin test edilmesi ve kuvvetin etkilerinin tahmin edilmesi gibi çeşitli durumlarda kullanıma sahiptir (45, 109-113).

2.3. Sonlu Elemanlar Analizi Yöntemi ve Uygulanışı

Sonlu elemanlar analizi, karmaşık mühendislik yapılarının test edilmesi ya da metalürji gibi bilim dallarında materyallerin gerilim ya da baskı altında stress yüklerini tahmin etmek için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (108).

Sistemin çalışma prensibi, incelenecek materyali basit yapılara indirgeyerek çözümlenmek üzerinedir. İndirgenen bu küçük birimlere eleman denilmektedir ve küçük bileşenler arasındaki etkileşim incelenerek büyük ölçekte sorunun çözümlenmesi yapılır (108, 114). Burada küçük parçalara ayrılan kısımlar, bütünsel bir yapının yine de parçası olmakla beraber amaç tahmin edilebilir sonlu kısımlar oluşturmaktır. Oluşturulan problem her bir element için çözümlerse eğer sistemin bütünü için de bir çözüm sunulmuş olur (114).

2.3.1. Terminoloji

Sonlu elemanlar analizinin verilerinin daha iyi okunabilmesi ve uygun çıkarımların yapılabilmesi amacıyla bazı tanımlamaların bilinmesi gereklidir (114).

2.3.1.1. Kuvvet

Kuvvet, bir cismin hareketini ya da şeklini değiştiren eksternal etkiye denir. Hem yönü hem de büyüklüğü olan kuvvet vektörel bir niceliktir. Kuvvetin özellikleri arasında doğrultu, şiddet ve yön en önemlileridir (115).

2.3.1.2. Gerilme – Stres

Gerilme, cisme eksternal bir kuvvet uygulandığında cismin birim yüzeyine düşen yük miktarı olarak tanımlanabilir. Gerilme vektörü, incelenen kesit yüzeye dikey etkiyorsa, bu gerilmeye normal gerilme, gerilmenin kesit düzleminde olması halinde oluşan gerilmeye ise kayma gerilmesi denmektedir.

Gerilme birimi olarak Paskal kullanılır ve 1 Pa yaklaşık 1 N/m²'dir. İncelenen ve ölçeklenen boyut küçüldükçe Mega Paskal terimi tercih edilir, dış hekimliği araştırmaları için MPa daha uygundur ve 1 Mpa yaklaşık 106 Pa değerindedir.

Stres ve gerilme temel olarak üç ana başlıkta incelenir;

- Basma gerilmeleri (Compressive stress): Cismin moleküllerini birbirine yaklaştırmaya zorlayıcı kuvvetlerin etkisinde oluşur ve aynı doğrultu fakat ters yöndeki kuvvetler basma stresi meydana getirirler.
- Çekme gerilmeleri (Tensile stress) : Cismin moleküllerini birbirinden uzaklaştırmaya etkiye sahip kuvvetlerle oluşur ve aynı

doğrultuda fakat ters yönde uzaklaşan kuvvetler çekme stresi meydana getirir.

- Makaslama gerilmeleri (Shear stress) : Cismin moleküllerini birbirleri üzerinde kaymaya zorlayan kuvvetlerle oluşur ve farklı doğrultuda fakat farklı seviyelerdeki kuvvetler makaslama stresi meydana getirir.

Yukarıda anlatılanların haricinde fizikteki diğer gerilme türleri ise;

- Eğilme gerilmesi
- Burulma gerilmesi
- Burkulma gerilmesi
- Yüzey gerilmesi
- Özel gerilmeler'dir.

2.3.1.3. Gerinim

Gerinim, bir cisme kuvvet uygulandığında bu kuvvetin birim maddede oluşturduğu şekil değişikliğidir. Gerinim, materyalde meydana gelen şekil değişikliğini tanımladığı için birimi genellikle bu şekil değişikliğinin büyüklüğü ile ifade edilir, genellikle deformasyon ile orijinal büyüklük oranlanarak hesaplanır.

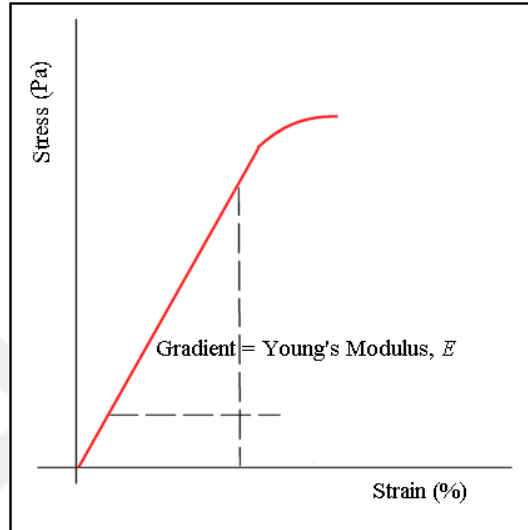
2.3.1.4. Deformasyon

Elastik ve plastik deformasyon olmak üzere iki alt grupta incelenir;

- Elastik deformasyon; cismin üzerine uygulanan kuvvet kaldırıldıktan sonra materyal orijinal şekline dönebiliyor ise bu deformasyon tipi elastik deformasyondur.
- Plastik deformasyon; cismin üzerine uygulanan kuvvet kaldırıldıktan sonra materyal orijinal şekline dönemiyor ise bu deformasyon tipi plastik deformasyondur.

2.3.1.5. Gerilme –Gerinim Eğrisi

Fizikte bir materyalin kuvvet karşısındaki deformasyon, elastisite ya da limitlerini belirlemek için kullanılan bir eğridir, genellikle materyalin kuvvete cevabını gösteren bir grafik olarak yorumlanır.



Şekil 2.1. Gerilme – gerinim eğrisi

- Elastik Sınır; materyalin plastik deformasyona uğramadan üzerine uygulanabilecek ya da absorbe edebileceği maksimum gerilme miktarıdır. Elastik limit, yük/defleksiyon oranı ile de ifade edilebilir.
- Dayanıklılık sınırı; materyalin plastik deformasyona uğradıktan sonra zayıflayıp kırılma göstereceği maksimum gerilme miktarıdır.

2.3.1.6. Elastik Modülü - Young Modülü

Hooke kanunu, bir maddenin şekil değişikliğinin, şekil değişikliğine sebep olan kuvvetle doğru orantılı olduğunu açıklayan kanundur ve hooke kanununa göre bir materyalin gerilim/gerinim oranı elastikiyet sınırı yani young modülü denir. Young modülünde artan değerler cismin elastikiyeti azalırken rijiditesi ise artar. Sert maddelerin elastik modülleri daha yüksektir, bunun sebebi ise materyalin molekülleri arasındaki direnç ve çekim etkisidir.

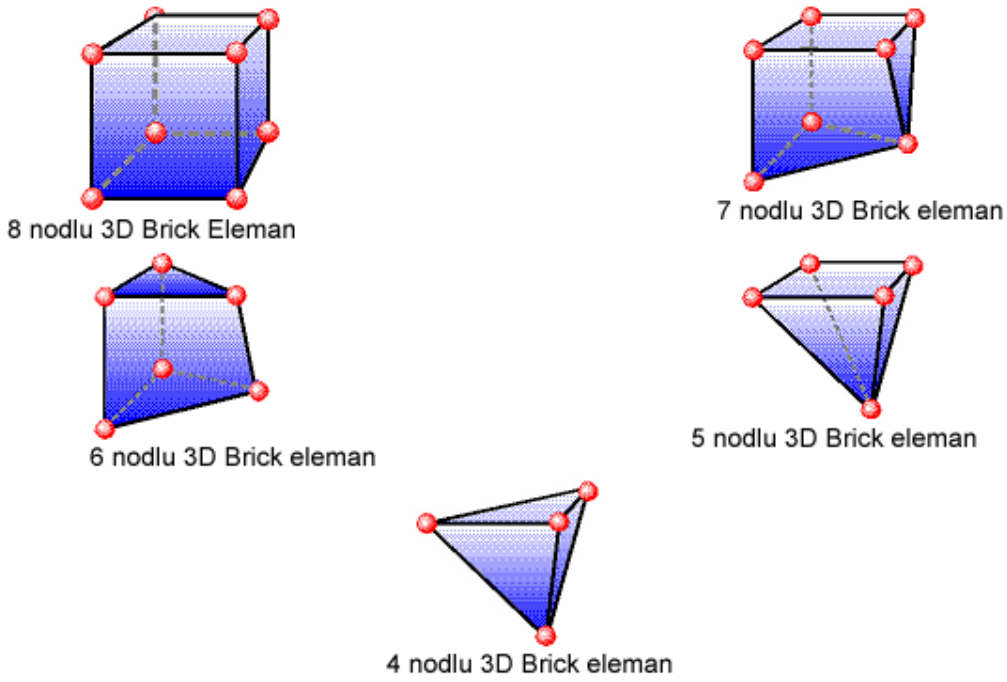
2.3.1.7. Poisson Oranı

Materyalin üzerine kuvvet yüklemesi ile eninde meydana gelen birim boyut değişikliğinin, boyunda meydana gelen birim boyut değişikliğine oranına poisson oranı denir. Çekme kuvvetlerine maruz kalan bir cisim için en kısalırken boyu ise uzar, tam tersi basma kuvvetlerine maruz kalan cisimlerde boy kısalırken en uzar. Poisson oranı cismin kuvvet karşısında nasıl boyutsal değişikliğe uğrayacağını belirler.

2.3.1.8 Sonlu Eleman – Element

Sonlu elemanlar analizinin temelinde yer alan unsur 'eleman (element)'dir. Eleman, bütünsel bir yapının içindeki temel birimdir. Farklı ihtiyaçlara göre farklı geometrilerde tasarlanırlar, seçimlerinde temel kriter bütünsel şekildir. Elemanın şeklini belirleyen ise düğüm sayısıdır. Elemanlar;

- Sekiz düğümlü eleman; 8 adet düğüm (node) içeren sonlu elemana verilen isimdir.
- Yedi düğümlü eleman; 7 adet düğüm (node) içeren sonlu elemana verilen isimdir.
- Altı düğümlü eleman; 6 adet düğüm (node) içeren sonlu elemana verilen isimdir.
- Beş düğümlü eleman; 5 adet düğüm (node) içeren sonlu elemana verilen isimdir.
- Dört düğümlü eleman; 4 adet düğüm (node) içeren sonlu elemana verilen isimdir.



Resim 2.1. Elemanların yapısına ait görüntü

2.3.1.9. Düğüm

Eleman üzerinde yer alan bir çeşit denklemi tanımlamaktadır. Bir eleman üzerindeki şekli belirleyen temel unsurlardan birisidir. Oluşturulan düğümler yardımıyla bir denklem elde edilir ve her eleman için özel bir denklem takımı oluşturulmuş olur.

2.3.1.10. Rijit Eleman

Sonlu elemanlar içerisinde kuvvet yüklenemeyen, gerinim yada gerilim oluşturmayan elemanlardır. Köprü olarak kullanılır ve iki birim arasını sabitlemek için eklenirler. Düğümlerin arasında uzanırlar ve sistemde denklemsel sonuç vermezler.

2.3.1.11. Sınır Koşullar

Sınır koşullar, analiz sırasında materyalde meydana gelebilecek gerilme ve gerinim miktarı ile yer değiştirmenin sınır değerlerini kapsar.

Kuvvetin uygulanma noktasına göre ve materyale göre belirlenir. Cismin önceden belirlenmiş elemanları bu noktalar arasında sabitlenmiş olarak kalır.

2.3.1.12. Asal Stres – Principal İndeks

Üç boyutlu elemanın uzaydaki x,y ve z düzlemlerinde, biri normal ve ikisi makaslama stresi olmak üzere üç farklı stres etki eder. Dolayısıyla herhangi bir elemanın stres durumunu üç normal ve üç makaslama stresi belirler. Üç boyutlu bir elemanda en büyük stres değeri, bütün makaslama streslerinin vektörlerinin sıfır olduğu durumda meydana gelir. Bu gerilme (stres) tipine ise "asal gerilme" denir. Üç çeşit asal gerilme vardır;

- Maksimum asal gerilme; En yüksek gerilme stresini ifade eder. Pozitif değerler görülür.
- Ara asal gerilme; Ara gerilme değerini ifade eder.
- Minimum asal gerilme; en yüksek sıkışma stresini ifade eder. Nefatif değerler görülür.

Sonlu elemanlar analizinde, elde edilen pozitif değerler maksimum asal gerilme değerlerini ifade ederken, minimum asal gerilme değerleri ise negatif değerlerle gösterilir. Bir eleman üzerinde maksimum yada minimum asal gerilme değerlerinden hangisi matematiksel olarak daha büyükse eleman ilgili gerilmenin altındadır. Eğer negatif değerler söz konusu ise mutlak değerleri kullanılır. Kemik yada cam gibi hassas materyaller için asal stres değerleri önem kazanmaktadır. Bunun sebebi ise materyalin limitlerini aşan maksimum gerilme değerleri ile sıkışma direnci için minimum asal stres değerleri cismin davranışını belirler.

2.3.1.13. Von Mises Gerilme

Uzunluk olarak artış gösterebilen materyallerde izlenen deformasyon başlangıç değeri olarak tanımlanır. Materyallerin germe dayanıklılığını belirleyen değer Von Mises stres değeridir.

Von Mises stres değeri, materyalin belirli bir bölümündeki gerilme sınır değeri aşarsa onun kalıcı olarak şekil değiştireceğini yada kopabilir. Üç boyutta da oluşan stres değerlerinin kombinasyonu ile hesaplanır ve asal stres değerleri üzerinden hesaplanır. Von Mises gerilmeleri, germe kriterlerinin kombinasyonu halinde pozitif bir sayıya dönüştürülerek nitelik ve nicelik olarak değerlendirilir.

2.3.2 Sonlu Elemanlar Analizinin Çalışma Prensibi

Sonlu elemanlar analizi metodunun çalışma şekli, materyalleri küçük geometrideki elementlere ayırarak basit analitik sonuçlar üretmek üzerinedir. Çalışma prensibi farklı basamaklarda sırası ile uygulandıktan sonra verilerin analizi gerçekleştirilir.

2.3.2.1. Problem yada Kurgunun Oluşturulması

Bir denklemin oluşturulabilmesi için öncelikle problem tanımlanmalıdır. Bu şekilde denklemin elde edilmesi ile çözümlene işlemi gerçekleştirilebilir. İlk basamakta problem yeterli ve başarılı bir şekilde tanımlanmazsa sonuçlar ya hatalı yada eksik olacaktır.

2.3.2.2. Geometrik Modelleme

Denklemin kurgusunda ilk basamak geometrik şeklin oluşturulmasıdır. Bu amaçla materyalin geometrik tanımlaması üç farklı şekilde yapılabilir;

- Manuel modelleme; analistin kendisinin şekli tanımlamak için kendisinin çizim yapmasıdır. Uzun ve zor bir yöntemdir. Protez, implant, minivida, ortodontik apareyler yada mekaniklerin modellemesinde tercih edilebilir.

- Tarama ile modelleme; geometrik modeli istenen cismin üç boyutlu yada iki boyutlu yüzey tarayıcıları ile şeklin oluşturulmasıdır. Ekstra ekipman ve hassasiyet gerektirir. Protez, implant, minivida, ortodontik apareyler yada mekaniklerin modellemesinde tercih edilebilir.

- MRI yada BT ile modelleme; geometrik modelin görüntülerinin bilgisayar ortamına aktarılması ile uygulanır. Görüntünün yeterli çözünürlükte ve kalitede olması istenir. Biyolojik dokuların modellemesinde en sık kullanılan yöntemdir. Kesitsel görüntüler bu amaçla birleştirilerek üç boyutlu geometriler elde edilir.

2.3.2.3. Matematiksel Ağ Yapısının Oluşturulması

Matematiksel problemin oluşturulup ağ yapısının tanımlanabilmesi için öncelikle belirsiz sayıdaki bilinmeyeni tanımlamak gereklidir. Bunun için ise model geometrik elemanlara dönüştürülür, bu elemanlar ise ağ yapısını oluşturur.

Bilgisayarda dijital hale dönüştürülen modeller, manuel dijitalizasyon ile veya yazılım programları kullanılarak ağ son halini alır. Genellikle manuel dijitalizasyon ile elemanlar oluşturulur ve bu da işlemin en zor kısmıdır. Elemanlar atanırken farklı geometrilerde (dört düğümlü, yedi düğümlü gibi) elemanlar kullanılır. Elemanların oluşturulmasında olabildiğince çok sayıda eleman ve node olması istenir, çünkü artan eleman sayısı mikro düzeyde kuvvetin daha iyi analize imkan tanırken etkileşimi de artırır, aynı zamanda sonuçları daha güçlü kılar. Eleman sayısı kadar elemanların dizilişi de bu aşamada belirlenir, elemanların düzgün sıralanması verilen işlenmesi açısından önemlidir. Düzensiz dizilen elemanlar hatalı sonuçlar ve denklemler üretir. Bu sebeple işlem sırası ile yapılmalı ve sistematik düzende ilerlemelidir.

Biyolojik yapıların modellenmesinde, bir ve iki boyutlu elemanların kullanımından kaçınılır çünkü bir ve iki boyutlu elemanların kullanılması gerçek dokuların kompleksitesini aşırı derecede basit denklemlere indirgenmesi ile sonuçlanır (116). Bu sebeple genellikle günümüzde, 4, 5, 6 ve 8 düğümlü modeller tercih edilir.

Yapı içerisindeki eleman sayısının artışı ile birlikte düğüm sayısı da aynı oranda artar, düğüm sayısı denklemin kompleksitesini arttırıp, daha gerçekçi kılmakta ve sonuçların güvenilir bir hal almasını sağlamaktadır.

2.3.2.4. Materyal Özelliklerinin Belirlenip Sisteme Entegrasyonu

Lineer yapıdaki analizlerde en önemli unsur materyal özelliklerini sisteme entegre etmektir. Bu amaçla, elastik modül ve poisson oranı en sık kullanılan iki parametredir. Elastik modül ve poisson oranı her materyal için özeldir ve araştırmalar sonucu elde edilmiş verilerdir.

Elastik modül, materyalin gerilim-gerinim eğrisindeki özellikleri sisteme tanıtırken poisson oranı ise materyalin şekil değiştirme davranışını tanıtmaktadır. Elastik modül matertalin hangi oranda deformasyon ile cevap vereceğini, poisson oranı ise eni-boyundaki şekil değiştirme oranını söylemektedir.

Bununla beraber non-lineer yani düzenli seyir göstermeyen davranış durumlarında viskoelastik katsayıya da ihtiyaç duyulur, fakat ortodontide yada diş hekimliğindeki materyallerin çoğunda olduğu gibi bu materyallerin analizinde lineer denklemler kullanılır.

2.3.2.5. Sınır Koşullarının Tanımı

Materyalin modellenmesi, elemanların tanımı, düğüm noktalarının oluşturulması ve materyalin davranışsal özelliklerinin kaydedilmesinin ardından sınır koşulları sisteme girilmelidir. Sınır koşulları materyalin bir limit

içerisinde davranmasından sorumludur. Uzaysal olarak serbest sınır koşullarında oluşturulan geometrik bir model dayanağı olmadığından kompleks denklemler ve çözülmesi zor problemler ortaya çıkarmaktadır. Bu amaçla sınır koşulları gerçek simülasyonu yansıtacak şekilde ortaya koyulmalıdır.

Sınır koşulları, aslında bir matematiksel denklem olan analizdeki düğüm noktaları ve elemanların gerilme-gerinim döngüsündeki cevaplarını belirler. Eleman ve düğüm sayıları ne kadar iyi tanımlanırsa tanımlansın sınır koşulları uzaysal hareket için en önemli noktayı belirler, sınır koşulları uygun şekilde tanımlanmazsa cisim uzaysal olarak sonsuz rotasyon döngüsüne girebilir yada atipik cevap verebilir. Bunun için genellikle ağ yapısı üzerinde sınır koşulları belirlenmektedir, bu amaca en uygun yapı ise düğümlerdir.

2.3.2.6. Kuvvet Özelliklerinin Tanımı ve Kuvvetin Uygulanması

Hazır hale gelmiş ve sınır koşulları kesinleştirilmiş sonlu elemanlar modeli üzerine kuvvet uygulanarak dokulardaki gerilim-gerinim özellikleri incelenir. Bu amaçla istenen bir bölgeden uygulanan kuvvet yüklemesi yapılır. Uygulanan kuvvetin yönü ve şiddeti için vektörel bir yapı sergilediği unutulmamalıdır. Bu şekilde bütün model üzerinde kuvvetin etkileri kesitsel yada noktasal incelenebilir.

2.3.2.7. Sonuçların Yorumlanması

Kuvvetin uygulanmasının ardından sistem her bir düğüm ve eleman için oluşturulan denklemleri çözümleyerek sayısal verilerden oluşan sonuçlar ortaya çıkarır. İyi tanımlanmış geometrik bir modelde binlerce denklem ve sonuç ortaya çıktığı için genellikle sistemin verilerini okumak amacıyla renk skalası yada animasyonlar gibi görüntüler elde edilmektedir. Sayısal verilerle renk haritalamasına birlikte bakıldığında kuvvetin gerilme-gerinim tarzında oluşturduğu etkiler yorumlanabilir bir hal almaktadır.

Bazı sistemlerde ise displacement verileri bir çıktı olarak sunulur ve lineer denklemlerin çözümlenip yorumlanmasında bu yer değiştirme miktarları kullanılır. Yer değiştirme verileri özellikle dinamikte önem kazanmaktadır.

2.4. Ortodontide Yapılmış Sonlu Elemanlar Analizi ile İlgili Çalışmalar

Ortodontide sonlu elemanlar ile ilgili yapılan çalışmalar, diş hareketinde ortodontik kuvvetin etkileri, ortodontik apareylerin etkileri, biyomekanik incelemeler ve ortopedik tedavilerin sonuçları üzerine yapılmış çalışmalardır (45, 109-111, 116-118).

Yoskikawa ve ark. (119), ortodontide kullanılan paslanmaz çelik tellerin elastisitetlerini incelemek için yaptıkları çalışmada standart paslanmaz çelik tellerin elastik modülünü $175 \times 10^3 \text{ MN/m}^2$ olarak bulmuşlardır ve sonlu elemanlar metodu ile materyallerin davranışları üzerine farklı bir yorum getirmişlerdir.

İşeri ve ark. (120), hızlı maksiller genişletmenin kranial yapılarda meydana getirdiği etkileri incelemek için sonlu elemanlar analizini kullanmışlardır ve çalışmada maksilla 5mm genişletildikten sonra Von Misses stresleri ile yer değiştirmenin miktarını değerlendirmişlerdir. Yapılan analizlerde maksillanın 1, 3 ve 5 mm. 'lik genişletmelerinde neredeyse paralel bir açılmanın gözleendiği, en fazla açılmanın dentoalveoler bölgede meydana geldiği ve bunun superiora doğru azaldığını, en fazla stresin ise kanin ve molar bölgede oluştuğunu rapor etmişlerdir.

Yoshida ve ark. (121), farklı durumlarda maksiller keserlerin direnç merkezleri ile rotasyon merkezlerinin davranışını ile ilgili yapmış oldukları çalışmada, direnç merkezinin yerini belirleyen temel unsurlardan birisinin palatal alveoler kemik desteği olduğunu söylemişlerdir ve en fazla momentin ise alveoler kemik yüksekliğinin azaldığı hastalarda keser retraksiyonu sırasında oluştuğunu bulmuşlardır.

Tanne ve ark. (122), maksilla üzerine uygulanan ortopedik kuvvetlerin kranial yapılardaki cevabını incelemişlerdir. Maksiller molar üzerinden maksillaya uygulanan posterior yönlü kuvvetin maksillanın posterior ve inferior yer değiştirmesine neden olmuştur, aynı zamanda da maksilla saat yönünde rotasyon yapmıştır. Araştırma sırasında en fazla stresin zygomatik kemiği de içerisine alınan nazomaksiller komplekste biriktiğini bulmuşlardır.

Tanne ve ark. (123), 1996 yılında mandibular progranıye sahip hastaların tedavisinde kullanılan çenelik apareyinin temporomandibular eklem üzerindeki etkileri incelemek için sonlu elemanlar analizini kullanmışlardır. Mandibulaya çene ucundan geçecek şekilde 40° - 50° 'lik açıyla 400 gram kuvvet uygulanmışlardır. Uygulanan kuvvetin doğrultusu kondilden geçecek şekilde oriyente edilmiştir. Kuvvetin etkisine bakıldığında ise stresin daha çok kondil, glenoid fossa kompleksinde posterior bölgelerde yoğunlaşmıştır. Araştırmada ilginç olarak bütün alanların sıkışma kuvvetleri etkisinde kalırken anterior diskal bölgede gerilimsel kuvvetlerin gözlemlenmesidir.

Tanne ve ark. (124), maksiller protraksiyonun kranial yapılardaki etkilerini incelemek için sonlu elemanlar analizi ile 1000 gram'lık kuvveti maksiller birinci molar üzerinden anterior yönde 0° ve 30° açılı olarak uygulamış ve sonucunda sadece anterior yönde oklüzal düzleme paralel verilen kuvvetlerin maksillada anterior rotasyonla birlikte öne doğru yer değiştirme meydana getirdiğini söylemişlerdir.

Miyasaka ve ark. (111), maksiller kaninler üzerinden 1000 gramlık ortopedik kuvveti nazomaksiller yapıya sonlu elemalar analizi kullanarak uygulamış ve sonucunda oklüzal düzlemin 30° altından geçecek şekilde yönlendirilen kuvvetin uniform bir gerilim meydana getirdiğini, herhangi bir yapıda sıkışma oluşturmadığını ve maksillanın anterior yer değiştirmesinin baskın olduğunu gözlemlemişlerdir.

Katada ve ark. (125), ortopedik kuvvetlerin çenelerde meydana getirdiği etkileri incelemek için sonlu elemanlar metodunu kullanmışlardır. Sonlu elemanlar metodu ile maksillaya posterior ve anterior yönde kuvvet uygulayan headgear ile yüz maskesinin meydana getirdiği değişiklikleri incelemişlerdir. Çalışmada hem yüz maskesi hem de headgear için 1000 gramlık kuvvet tercih edilmiştir. Yüz maskesi için oklüzal düzleme paralel olacak şekilde anterior yönde, headgear için ise yine oklüzal düzleme paralel olacak şekilde posterior yönlü kuvvetler uygulanmıştır. Sonuç olarak yüz maskesi simulasyonunda maksillada anterior yer değiştirme meydana gelirken, saat yönünün tersine rotasyon gözlemlenmiştir. Headgear simulasyonunda maksillada posterior yer değiştirme ve saat yönünde rotasyon meydana gelmiştir. Yazarlar bulunan sonuçları klinik bulgularla paralel fakat daha az oranda gerçekleştiğini söylemişlerdir.

Holberg ve ark. (126), maksiller protraksiyon sırasında sütural alanlardaki gerilmeleri incelemek için sonlu elemanlar analizini kullanmışlardır. Maksiller kaninin palatinal bölgesinden oklüzal düzleme paralel ve 30° açılı iki kuvvet vektörünü kombine ederek uygulamışlardır. Birinci vektör 2x3 N, diğeri ise 25 N 'luk kuvvet üretmektedir. Çalışmanın sonucunda en fazla kuvvet birikimini ve gerilmeyi kranial tabana yakın foramen ovale'de ile foramen sinozum'da ve nazal kemikte gözlemlenmişlerdir. Yazarlar yüz maskesi ile diğer bölgelerdeki stress birikimlerine bakarak bunun yeni kemik formasyonu için yeterli oranda olamayacağını söylemişlerdir.

Yu ve ark. (127), maksiller ekspansiyonun yüz maskesi ile maksiller protraksiyon üzerindeki etkilerini incelemek için sonlu elemanlar analizini kullanmışlardır. Çalışmada ekspansiyon uygulanan ve uygulanmayan iki adet sonlu eleman modeli kullanılmıştır ve maksiller birinci premolarlar üzerinden oklüzal düzleme göre 20 derece açılı 500 gram'lık kuvvet verilmiştir. Sonuçlara bakıldığında, ekspansiyondan sonra uygulanan protraksiyon kuvvetinin ekspansiyon yapılmadan uygulanan protraksiyon kuvvetine göre, sirkummaksiller süturlarda daha fazla çekme gerilmeleri oluştururken baskı

gerilmelerinin daha az gözlendiğini, maksillanın daha fazla anterior displacement meydana getirdiği ve aynı zamanda maksillanın normal büyüme paterni olan aşağı-öne büyümesini daha başarılı olarak stimule ettiğini söylemişlerdir.

Gautam ve ark.(117) ,maksiller ekspansiyon ile yüz maskesi kullanımını maksiller ekspansiyonsuz yüz maskesi kullanımı ile karşılaştırmak için sonlu elemanlar analizini kullanmışlardır. Çalışmada ekspansiyon modelinde maksiller median palatal sütür 4 mm. ekspanse edilmiş ve sonrasında ise her iki modelde de aynı olacak şekilde yüz maskesi uygulanmıştır. Sonuç olarak maksiller genişletme ile; daha fazla anterior displacement olduğu, maksillada rotasyonel değişiklik meydana gelmediği ve maksillanın normal büyüme paterninin daha kolay situmule edilebileceği bulunmuştur.

Lee ve ark. (118), maksiller protraksiyonda iki farklı miniplak kombinasyonunu sonlu karşılaştırmışlardır. Sonlu elemanlar analizi ile yapılan çalışmada kullanılan modellerden birincisinde nazal aperturanın lateraline, diğer modelde ise zygomatic krestin inferioruna birer adet miniplak bilateral olarak yerleştirilmiş ve üzerinden 500 gram'lık kuvvet uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda, plağın yerleştirildiği alanlarda maksimum çekme gerilimi meydana gelmiştir, ayrıca infrazygomatik kreste yerleştirilen miniplaktan uygulanan kuvvetin sütural sistemde daha fazla gerilim oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu bilgilerin ışığında yazalar, ortopedik etkiye ihtiyacın daha fazla olduğu durumlarda infrazygomatik krestin tercih edilmesinin daha iyi olacağını vurgulamışlardır.

Yan ve ark. (128), maksiller protraksiyon için dental ankraj üzerinden yüz maskesi ve iskeletsel ankraj üzerinden yüz maskesi kullanımını kıyaslamışlardır. Sonlu elemanlar analizi ile aynı model üzerinden dental ankrajda birinci molar dişlere, iskeletsel ankrajda ise infrazygomatik kreste yerleştirilen miniplağa 500 gram'lık protraksiyon kuvveti uygulamışlardır ve dental ankrajda oklüzal düzlemin 30 derece altından geçen kuvvetin daha

etkili yer değiştirme meydana getirirken, iskeletsel ankrajda bunun 20 derece açılı olarak uygulandığında olduğunu söylemişlerdir. Çalışmada iskeletsel ankraj ile maksillanın daha fazla öne doğru yer değiştirdiğini ve dental etkilerin de meydana gelmediğini bulmuşlardır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Modelleme için Kullanılan Araçlar ve Yöntem

Bu araştırmada, iki farklı iskeletsel ankraj yöntemiyle maksiller protraksiyonun etkilerini karşılaştırmak için aynı kranial yapının üzerine sistemleri sırasıyla uygulanarak oluşturdukları etki üç boyutlu sonlu elemanlar stres analizi yöntemi ile statik lineer analiz yapılarak değerlendirilmiştir.

Üç boyutlu ağ yapısının düzenlenmesi ve daha homojen hale getirilmesi, üç boyutlu katı modelin oluşturulması ve sonlu elemanlar stres analizi işlemleri için Intel Xeon ® CPU 3,30 GHz işlemciye sahip, 500gb Hard disk, 14 GB RAM donanımlı ve Windows 7 Ultimate Version Service Pack 1 işletim sistemi olan bilgisayardan (Resim 3.1) , Activity 880 (Smart Optics Sensortechnik GmbH, Sinterstrasse 8, D-44795 Bochum, Almanya) optik tarayıcısı ile üç boyutlu tarama cihazından ve Rhinoceros 4.0 (3670 Woodland Park Ave N ,Seattle, WA 98103 USA) 3 boyutlu modelleme yazılımından, VRMesh Studio (VirtualGrid Inc, Bellevue City, WA, USA) ve Algor Fempro (ALGOR, Inc. 150 Beta Drive Pittsburgh, PA 15238-2932 USA) analiz programından yararlanıldı.



Resim 3.1. Activity 880 Optik Tarayıcı

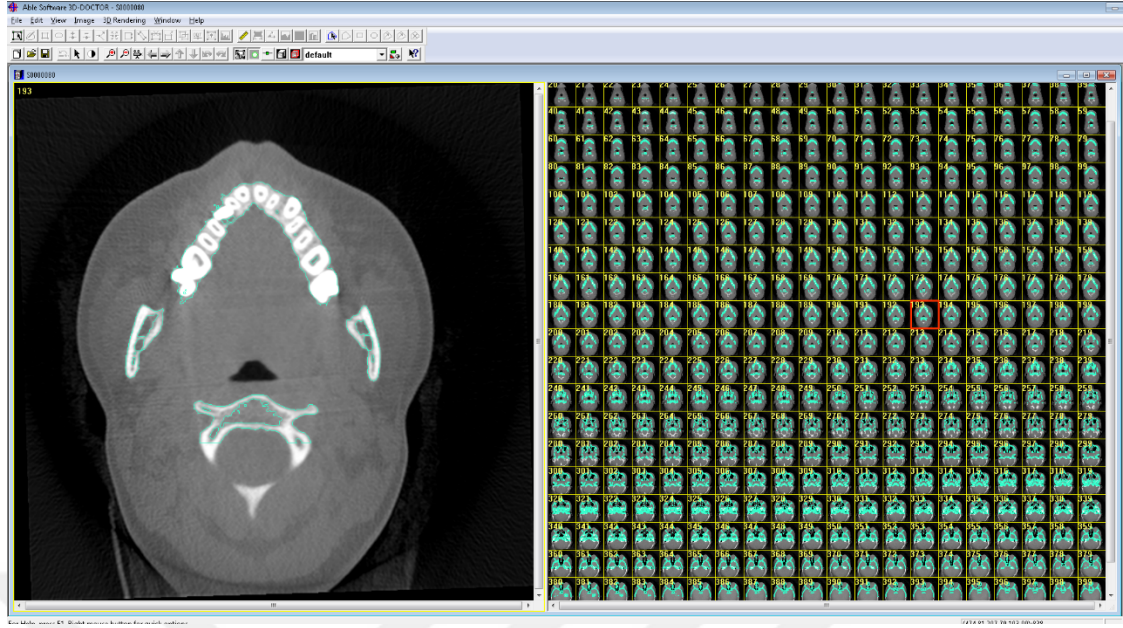
Modeller, VRMesh yazılımı ile geometrik olarak oluşturulduktan sonra analize hazır hale getirilmeleri ve analizlerinin yapılması için, stl formatında *Algor Fempro* (Algor Inc., USA) yazılımına aktarılmıştır. Veriler .stl formatı 3d modelleme programları için evrensel değer taşımaktadır. Stl formatında düğümlerin koordinat bilgileri de saklanması sayesinde programlar arasında aktarım yapılırken bilgi kaybı olmamaktadır. Algor yazılımı ile uyumlu hale getirildikten sonra oluşturulan modelin maksillaya ait olduğunu, dış yapılarının hangi materyalden yapıldığını yazılıma tanıtmak gerekmektedir. Modelleri oluşturan yapıların her birine, fiziksel özelliklerini tanımlayan materyal (elastiklik modülü ve poisson oranı) değerleri verilmiştir (Tablo 3.1) .

Tablo 3.1. Elastisite modülü ve Poisson oranları

Materyal	Elastisite Modülü (Gpa)	Poisson Oranı
Kortikal Kemik	15	0,3
Spongioz Kemik	1,5	0,3
Dentin	1,86	0,31
Sütür	0,069	0,45
Ortodontik bant ve apareyler (Paslanmaz çelik)	200	0,29
Vida (titanyum)	110	0,35
PMMA	0,015	0,35

3.1. Kranial Yapıların Modellemesi

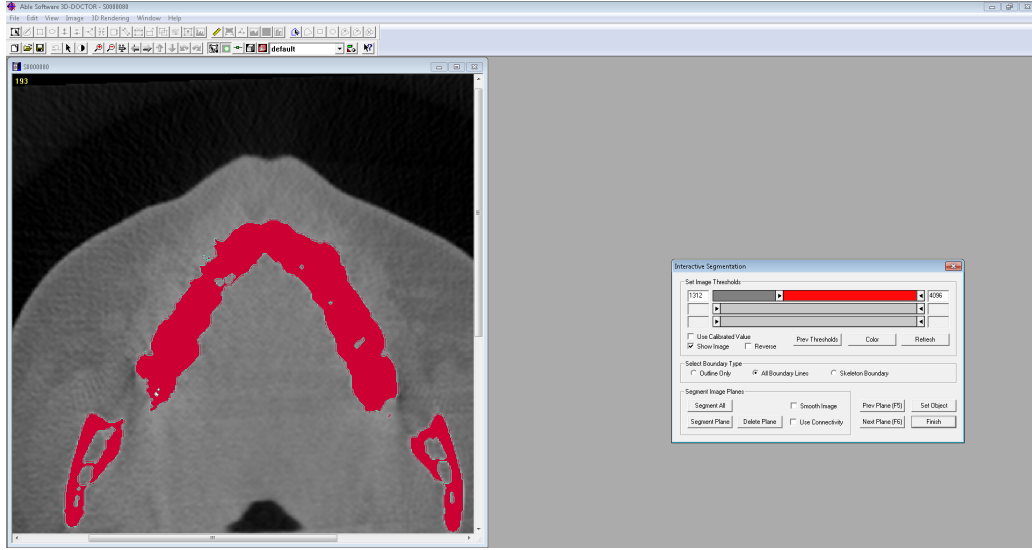
Kemik dokularının modellenmesi için, arşiv taraması yapılmış ve maksiller retrüzyona sahip, büyüme-gelişim dönemindeki hastanın konik ışınlı tomografisi seçilmiştir (ILUMA, Orthocad, CBCT, 3M Imtec, Oklahoma, USA) ve bu görüntü taranarak analize uygun hale getirildi. Taramada 120 kvp, 3.8 mA'de 40 saniyelik tarama ile 601 kesit elde edildi. Daha sonra hacimsel veri 0.2 mm kesit kalınlığı ile rekonstrükte edildi. Rekonstrüksiyon sonucunda elde edilen kesitler, DICOM 3.0 formatında dışarı aktarıldı. Elektronik ortamda dışarı aktarılan edilen kesitler 3D-Doctor (Resim 3.2) yazılımına alındı.



Resim 3.2. 3D – Doctor Yazılımına ait Görüntü

3d-Doctor yazılımı magnetik rezonans ve bilgisayarlı tomografi de olmak üzere pek çok görüntüleme yöntemi ile elde edilen görüntülerin, bilgisayar ortamında yeniden oluşturulabildiği bir yazılımdır. Yazılım ile yeniden oluşturulan görüntüler üzerinde sadeleştirme ve yeniden biçimlendirme gibi değişiklikler yapılabilmektedir.

Radyografik görüntüler, 3d-doctor yazılımına atıldı ve burada “interactive segmentation” yöntemi ile Hounsfield değerlerine bakılarak kemik dokusu ayrıştırıldı (Resim 3.3). Yapılan ayrıştırma işleminden sonra “3d - Complex Render” yöntemi ile 3 boyutlu model elde edildi ve bu şekilde kemik dokusu modellenmiş oldu. Elde edilen 3 boyutlu model, 3D-Doctor yazılımındaki sadeleştirme yöntemleri ile düşük hafıza tüketen ve düzgün oranlara sahip elemanlardan oluşan, pürüzsüz bir yüzey haline getirilerek kranial yapıların modelleme işlemi tamamlandı. 3 boyutlu model 3D-Doctor yazılımından .stl formatında elektronik ortamda dışarı aktarılıp standardizasyonu yapılarak analiz için kullanıma hazır hale getirildi.

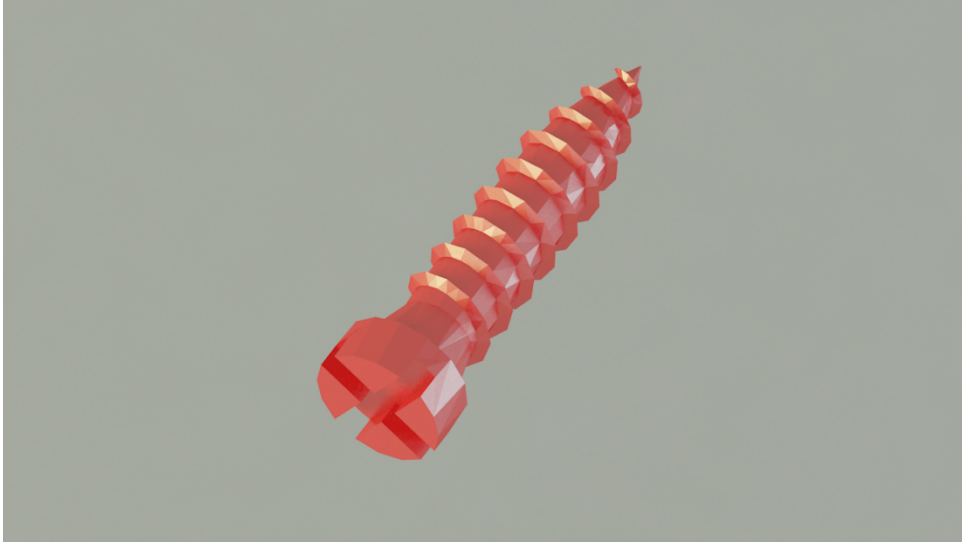


Resim 3.3. 3D – Doctor yazılımında segmentasyon işlemine ait görüntü

Kemik dokusundan offset yöntemi ile spongiöz kemik elde edildi ve gerekli uyumlamaların yapılması ile kuvvet aktarımı sağlanmış oldu.

3.2. Minivida ve Plakların Modellemesi

Palatinal bölgeye yerleştirilen, 2 mm x 9 mm. 'lik vidalar (Benefit Microimplants PSM Medical Co. Tuttlingen , Almanya) smartoptics tarayıcısında taranıp (Resim 3.4) , *VR-Mesh* yazılımında hatalarından arındırılarak analize hazır hale getirildi. *Rhino* yazılımında vida taramaları üzerinde detay çözümlenmeler ile, kemik ve çevre yapılar uyumlu hale getirildi.



Resim 3.4. Minivida Modeline ait Görüntü

Analizde infrazygomatik alana 2.3 mm çapında ve 5 mm uzunluğunda üç adet vida (Bollard, Tita-Link, Brüksel, Belçika) yerleştirilmiştir. Yerleştirilen vidalar smartoptics tarayıcısında taranıp, *VR-Mesh* yazılımında hatalarından arındırılarak analize hazır hale getirildi. *Rhino* yazılımında vida taramaları üzerinde detay çözümlenmeler ile, kemik ve çevre yapılar uyumlu hale getirildi.

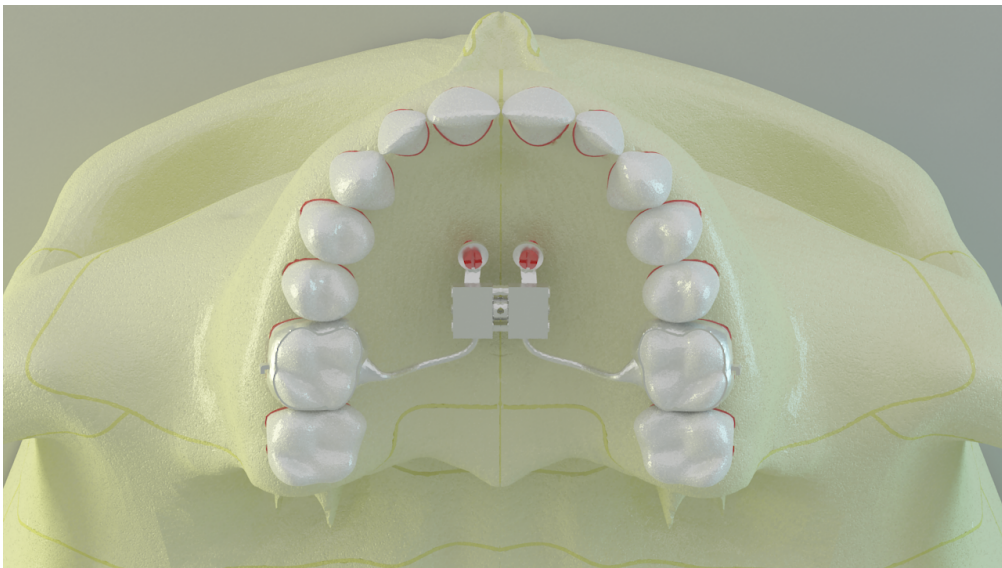
Analizde kullanılan plarkar (Bollard, Tita-Link, Brüksel, Belçika), vidalarlar aynı yöntem kullanılarak taranmış ve dijital ortama 1:1 oranında uyum sağlayacak şekilde aktarılmıştır (Resim 3.5).



Resim 3.5. Miniplak Modeline ait Görüntü

3.3. Apareylerin ve Ortodontik Ataçmanların Modellemesi

Klinik şartlarda palatinal bölgeye yerleştirilen ekspansiyon apareyi 0.043 inch. 'lik telden yapılmaktadır ve çalışmada da bunu taklit edecek şekilde 0.043 inch kalınlığındaki palatinal bar ve apareyin uzantıları manuel yöntemle *Rhinoceros* programında modellendi. Apareyin dental yapılara uyumu ise *Boolean* yöntemi ile sağlandı.



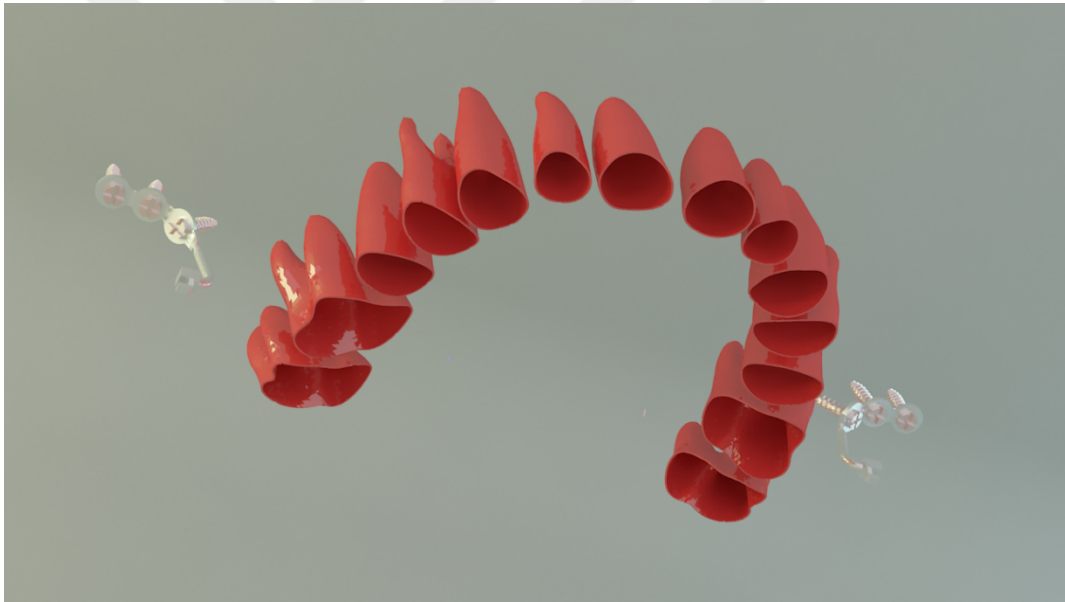
Resim 3.6. Apareyin ve minivida'nın modellenmesi

3.4. Dişlerin ve Periodontal Yapıların Modellenmesi

Dental yapılar, dental anatomi, fizyoloji ve oklüzyon kitabındaki anatomik görsel ve verilerden yararlanılarak akrilikten yapılan modellerin 3 boyutlu 'smartoptics' tarayıcısı ile taranmasıyla elde edildi (129).

Diş modellerinin kortikal kemik içerisine kalan kısımlarının slice işlemi ile kesilmesiyle elde edilen arayüzlerden 0.15 mm'lik offset komutu ile PDL elde edildi.

PDL dokularının *Rhinoceros* yazılımında kortikal kemikten boolean yöntemi ile çıkartılmasıyla diş soketleri elde edilmiş oldu (Resim 3.7).



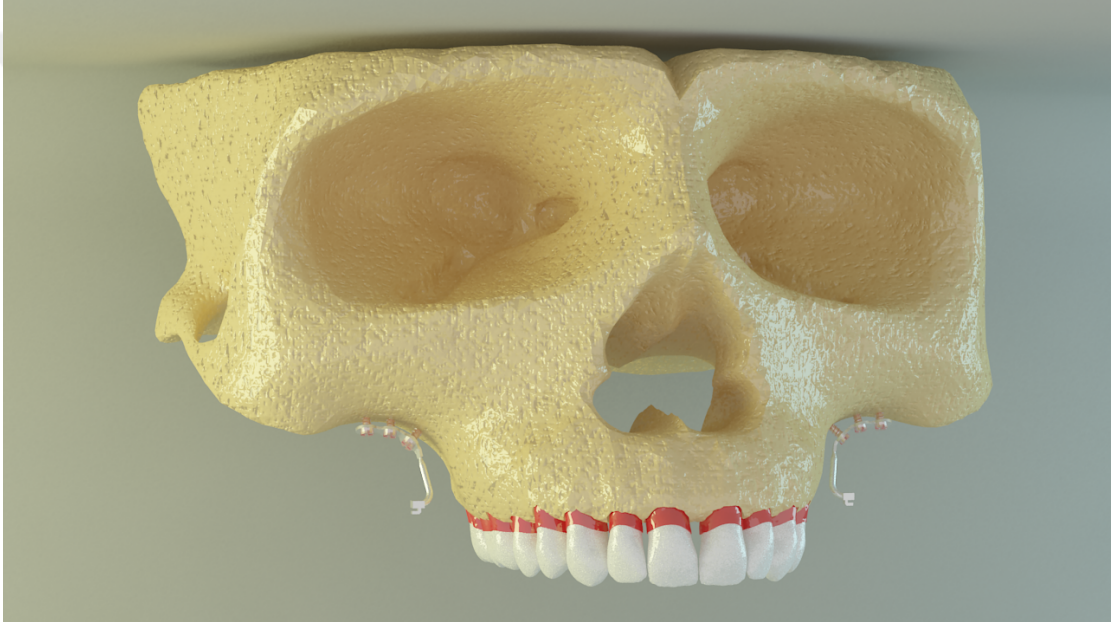
Resim 3.7. Periodontal Membran Modeline ait Görüntü

3.5. Modellemenin Tamamlanması

Yazılım yardımıyla maksillada kortikal kemik, spongioz kemik, periodontal dokular, dişler, bantlar ve teller gerçek morfolojisini yansıtmak biçimde modele taşındı. Yapılan modellemeler *Rhinoceros* yazılımında

modeller 3 boyutlu uzayda doğru koordinatlara yerleştirildi ve modelleme işlemi tamamlanmış oldu.

Rhinoceros'da yapılan modellemeler, 3 boyutlu koordinatlar korunarak Fempro yazılımına aktarıldı. Burada modeller bricks ve tetrahedra elemanlar şeklinde katı modele çevrildi. Bricks ve tetrahedra katı modelleme sisteminde, *fempro* modelde oluşturabildiği kadar 8 nodlu elemanlar kullanır. 8 nodlu elemanların gerekli detaya ulaşamadığı durumlarda 7 nodlu, 6 nodlu, 5 nodlu ve 4 nodlu elemanlar kullanıldı.



Resim 3.8. Miniplak Final Modeline ait Görüntü

Çalışmada toplamda kullanılan düğüm sayısı, palatine minivida uygulanan Hybrid-Hyrax (HH) modelinde 119411 iken, infrazygomatik plakların kullanıldığı modelde düğüm sayısı 124906'dır. Ayrıca kullanılan eleman sayıları ise ise; palatine minivida uygulanan Hybrid Hyrax modelinde 495151 iken, infrazygomatik plakların (MP) kullanıldığı modelde eleman sayısı 497879'dır (Tablo 3.2).

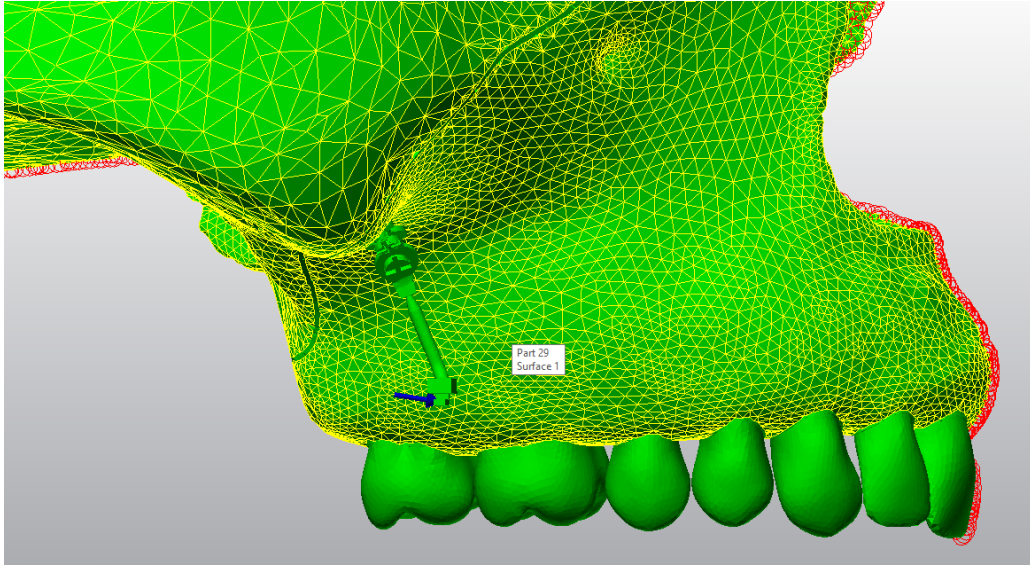
Tablo 3.2. Dügüm ve eleman sayıları

	Dügüm Sayısı	Eleman Sayısı
Hybrid Hyrax	119411	495151
Miniplak	124906	497879

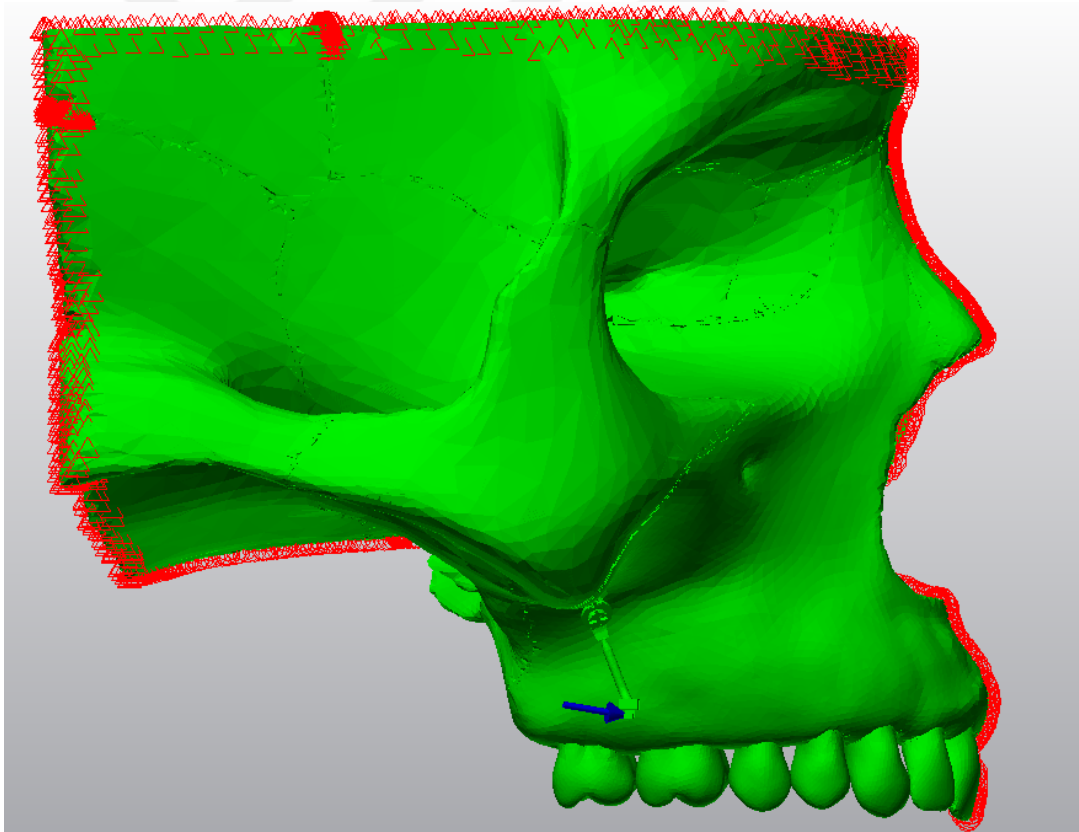
Bir materyalin homojen olması, mekanik özelliklerinin yapısal her elemanda benzer olduğunu göstermektedir. İzotropik ise, yapısal elemanın her yönde materyal özelliklerinin aynı olduğu durumu tanımlamaktadır. Linear elastisite; yapının deformasyon veya gerilimin uygulanan kuvvetler altında oransal olarak değişkenlik göstermesi demektir. Bu sebeple kranial ve dental yapılardaki değişkenliklerin önüne geçmek için tüm modeller lineer, homojen ve izotropik materyaller olarak kabul edildi.

3.6. Sınır Koşullarının Belirlenmesi

Model çene kemiğinin üst bölgesinden her DOF (*Degree of freedom*)'da sıfır harekete sahip olacak şekilde sabitlendi ve bu şekilde her model için ayrı ayrı sınır koşulları tespit edildi (Resim 3.9). Sınır koşullarının tespiti dikkatli bir şekilde kontrol edilerek olası hataların indirgenmesi amaçlandı (Resim 3.10).



Resim 3.9. Maksillaya ait sınır koşullarının belirlenmesine ait görüntü



Resim 3.10. Kranial yapıların sınır koşullarının belirlenmesine ait görüntü

3.7. Simulasyon ve Kuvvetin Uygulanması - Yorumlanması

İnfrazyomatik plakların kullanıldığı modelde, zygomatik butress'in altına yaklaşık olarak birinci molar dişler hizasında uzanacak şekilde plaklar konumlandırılmıştır. Plakların sabitlemesinde klinikte olduğu gibi üç adet monokortikal vida kullanılmıştır. Plakların ağız içine bakan kısmından oklüzal düzlemlerle 30 derece açı yapacak şekilde 500'er gram'lık kuvvet uygulanmıştır.

Palatine vida uygulanan hybrid hyrax modelinde ise, anterior palatinal bölgede üçüncü rugalar hizasına 2x9 mm'lik iki adet minivida (Benefit Microimplants PSM Medical Co. Tuttlingen , Almanya) median palatal süturun her iki tarafına simetrik olacak şekilde yerleştirilmiştir. Bu minividalarla devamlılık gösterecek şekilde, birinci molarlardaki bantlara uzanan metal barlar sabitlenmiştir. Apareyin yerleştirilmesinden sonra ise molarlardaki bantlar aracılığı ile oklüzal düzlemin 30 derece altından geçecek şekilde 500 gram'lık kuvvet uygulanmıştır.

Sonlu elemanlar stres analizi sonucunda elde edilen değerler, varyansı olmayan matematiksel hesaplamalar sonucunda ortaya çıktığı için istatistiksel analizler yapılamamaktadır. Amaç, elde edilen değerlerin ve stres dağılımlarının dikkatli bir şekilde incelenmesi ve yorumlanmasıdır. Bu ve benzeri çalışmalar sonunda varılacak klinik sonuçlar açısından, elde edilen verilerin en doğru ve güvenilir şekilde değerlendirilmesi çok önemlidir.

4.BULGULAR

Maksiller protraksiyon amacıyla kullanılan iki farklı iskeletsel ankraj metodunun maksillofasiyal yapılar üzerindeki etkilerinin incelemesi için sonlu elemanlar analizi ile yapılan çalışmamızda elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

4.1. Hybrid Hyrax ile Maksiller Protraksiyon Modeline ait Bulgular

Hybrid-Hyrax apareyi ile meydana gelen değişiklikler Von Misses gerilmeleri, maksimum asal gerilme ve minimum asal gerilme olarak değerlendirilmiştir (Tablo 4.1-4.3)

Tablo 4.1 HH Apareyine ait Von Misses Değerleri

HH Apareyine ait Von Misses Değerleri (MPa)		
Midpalatal Sütür	Anterior	0.0023
	Orta	0.0015
	Posterior	0.0018
Nazomaksiller Sütür	Superior	0.023
	Orta	0.034
	İnferior	0.017
Frontomaksiller Sütür	Medial	0.021
	Lateral	0.020
Frontonazal Sütür	Medial	0.021
	Lateral	0.021
Zygomaticomaksiller Sütür	Superior	0.003
	Orta	0.006
	İnferior	0.001
Zygomaticotemporal Sütür	Superior	0.047
	Orta	0.023
	İnferior	0.035
Zygomaticofrontal Sütür	Anterior	0.0019
	Posterior	0.0015
Pterygomaksiller Sütür	Medial	0.1597
	Orta	0.0678
	Lateral	0.0047

Tablo 4.2 HH Apareyine ait Maksimum Asal Gerilme Değerleri

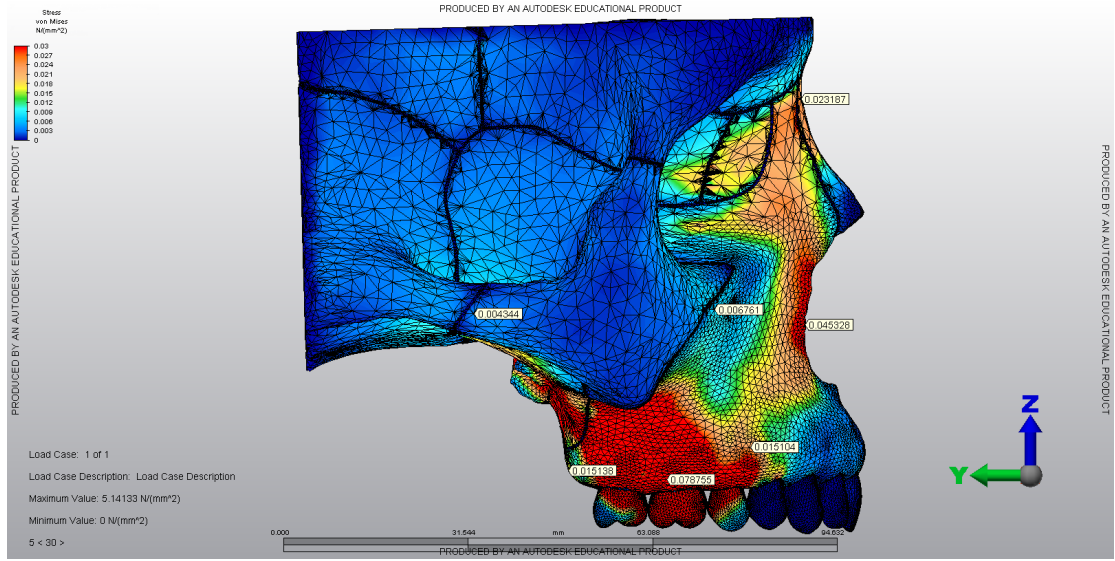
HH Apareyine ait Maksimum Asal Gerilme Değerleri (MPa)		
Midpalatal Sütur	Anterior	0.0003
	Orta	0.0004
	Posterior	0.0001
Nazomaksiller Sütur	Superior	0.0020
	Orta	0.0055
	İnferior	0.0028
Frontomaksiller Sütur	Medial	0.0025
	Lateral	0.0012
Frontonazal Sütur	Medial	0.0025
	Lateral	0.0019
Zygomaticomaksiller Sütur	Superior	0.0007
	Orta	0.0004
	İnferior	0.0008
Zygomaticotemporal Sütur	Superior	0.0049
	Orta	0.0037
	İnferior	0.0014
Zygomaticofrontal Sütur	Anterior	0.0009
	Posterior	0.0005
Pterygomaksiller Sütur	Medial	0.0451
	Orta	0.0443
	Lateral	0.0347

Tablo 4.3 HH Apareyine ait Minimum Asal Gerilme Değerleri

HH Apareyine ait Minimum Asal Gerilme Değerleri (MPa)		
Midpalatal Sütür	Anterior	-0.0007
	Orta	-0.0127
	Posterior	-0.0004
Nazomaksiller Sütür	Superior	-0.0162
	Orta	-0.0250
	İnferior	-0.0095
Frontomaksiller Sütür	Medial	-0.0180
	Lateral	-0.0240
Frontonazal Sütür	Medial	-0.0160
	Lateral	-0.0250
Zygomaticomaksiller Sütür	Superior	-0.0033
	Orta	-0.0031
	İnferior	-0.0003
Zygomaticotemporal Sütür	Superior	-0.0011
	Orta	-0.0008
	İnferior	-0.0035
Zygomaticofrontal Sütür	Anterior	-0.0012
	Posterior	-0.0280
Pterygomaksiller Sütür	Medial	-0.0158
	Orta	-0.0094
	Lateral	-0.0098

4.1.1. Nazomaksiller Kompleks ve Alveoler Kemikte Meydana Gelen Değişiklikler

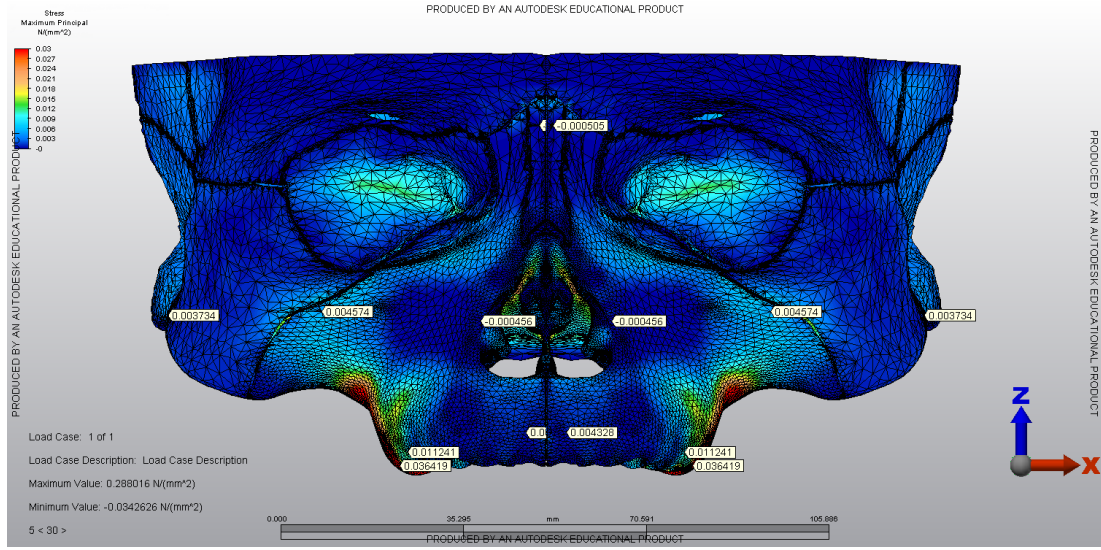
Hybrid-Hyrax apareyi üzerinden kuvvetin uygulanması ile en fazla Von Misses gerilmesi 0.078 MPa ile ankraj alınan molar dişler çevresinde meydana gelmiştir. Maksiller posterior bölge ve paranasal bölgeler ise molar dişlerinden sonra en fazla Von Misses gerilmesini gösteren alanlar olmuşlardır. Bununla birlikte uygulanan kuvvet nazomaksiller komplekste dağılarak superior ve posterior bölgelere gidildikçe azalma göstermiştir. Von Misses gerilmelerin en az olduğu alan ise maksiller kemiğin anterior ve



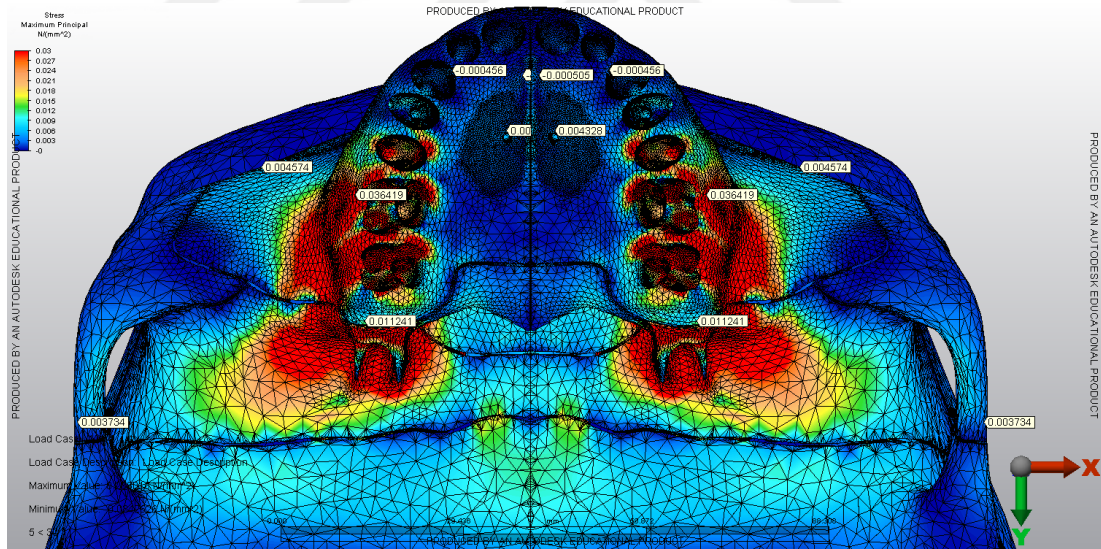
Resim 4.3. HH modeline ait Von Misses gerilmesine ait profil görüntüsü

Maksimum asal gerilme, en fazla molar dişlere komşu alveoler kemikte (0.036 MPa) ve alveoler proseslerin lateral duvarları (0.036 MPa) ile pterygomaksiller sutureda (0.035 MPa) meydana gelmiştir (Resim 4.5).

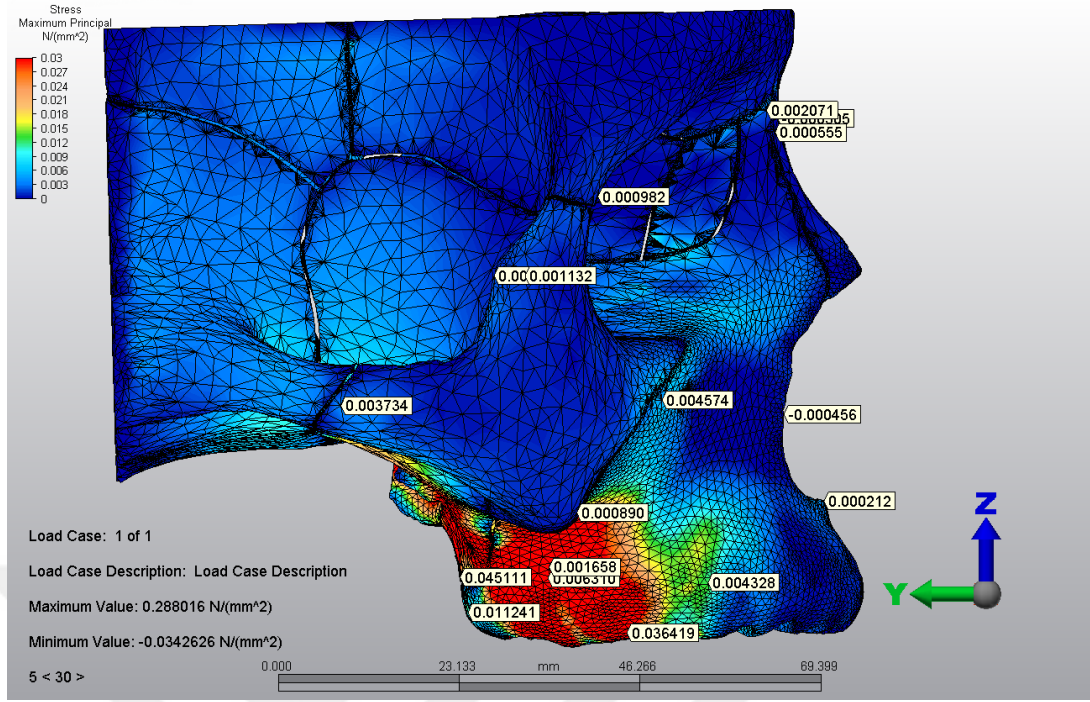
Minimum asal gerilme, en az maksiller molarları çevreleyen alveoler kemikte (-0.041 MPa), premolar dişlerin palatinalindeki alveoler kemikte (-0.039 MPa) ve apertura nazalisin çevresinde periferine doğru azalacak şekilde (-0.049 MPa) meydana gelmiştir (Resim 4.7) .



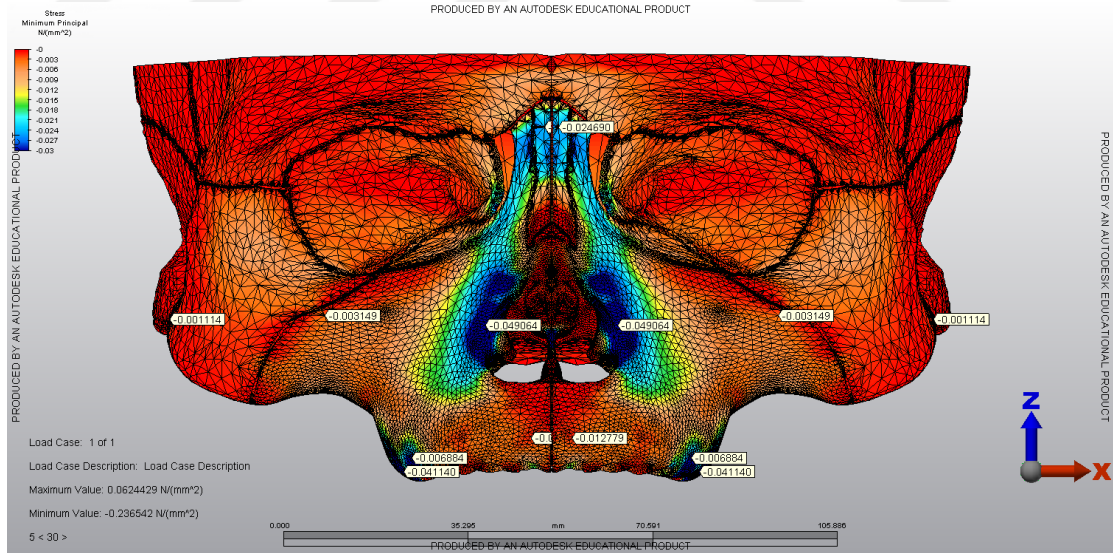
Resim 4.4. HH modeline maksimum asal gerilme değerlerine ait frontal görüntü



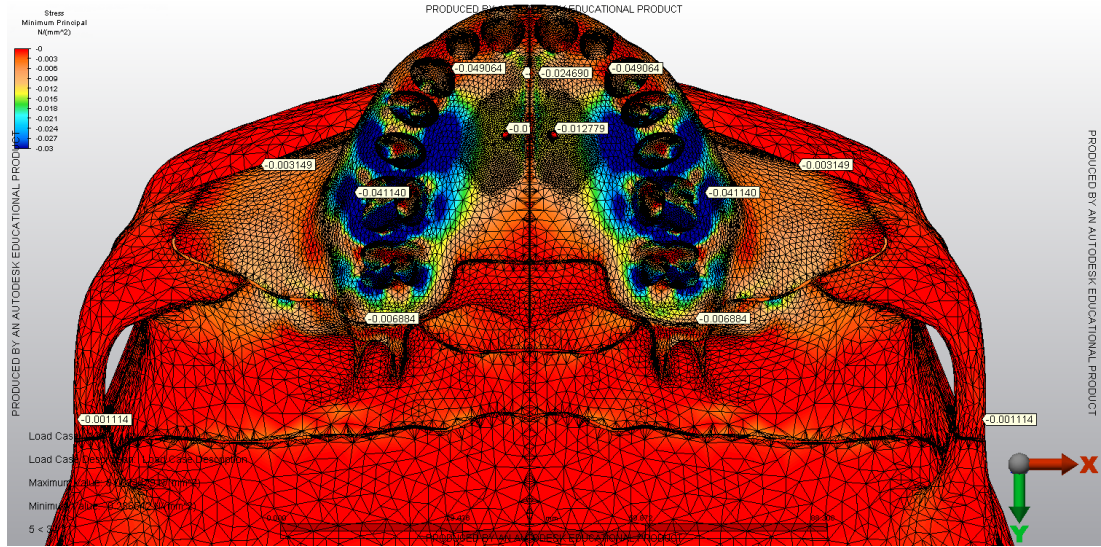
Resim 4.5. HH modelinde maksimum asal gerilme değerlerine ait oklüzal görüntü



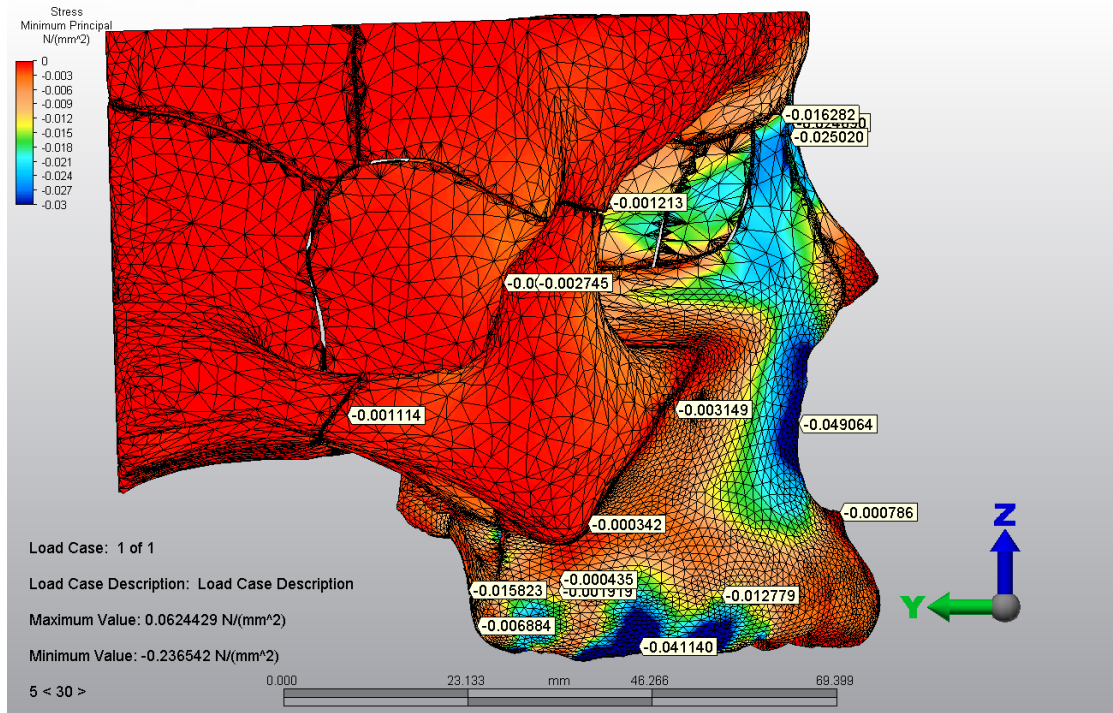
Resim 4.6. HH modelinde maksimum asal gerilme değerlerine ait profil görüntüsü



Resim 4.7. HH modelinde minimum asal gerilme değerlerine ait frontal görüntü



Resim 4.8. HH modelinde minimum asal gerilme değerlerine ait oklüzal görüntü



Resim 4.9. HH modelinde minimum asal gerilme değerlerine ait profil görüntüsü

Bulgular, maksiller molarları çevreleyen alanda ve pterygomaksiller sütur bölgesinde gerilim Şeklinde kuvvetlerin olduğunu, nazal açıklığın lateral duvarlarında ise baskı Şeklinde kuvvetlerin meydana geldiğini göstermektedir.

4.1.2. Median Palatal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler

Median palatal süturda, Von Misses gerilmeleri en fazla minivdaların uygulandığı bölgede ve incisiv foramen bölgesinde heterojen olarak meydana gelmiştir. En az ise posterior bölgede gözlemlenmiştir.

Maksimum asal gerilme, en fazla en fazla minivdaların uygulandığı bölgede ve incisiv foramen bölgesinde heterojen olarak meydana gelmiştir. En az ise posterior bölgede gözlemlenmiştir (Resim 4.5).

Minimum asal gerilme, en az minivdaların uygulandığı bölgede ve incisiv foramen bölgesinde heterojen olarak meydana gelmiştir. En fazla ise posterior bölgede gözlemlenmiştir (Resim 4.8).

Yer değiştirme değerleri incelendiğinde, median palatal süturun n kısmı yukarı doğru, posterior kısmı da maksilla ile birlikte inferior yönde hareket etmiştir. Transvers yönde bir değişiklik gözlemlenmezken, sagittal yönde anterior doğrultuda öne doğru yer değiştirme saptanmıştır (Resim 4.11).

Bulgular, median palatal süturda minivdaların uygulandığı alanda gerilme Şeklinde kuvvetlerin olduğunu göstermektedir.

4.1.3. Nazomaksiller Süturda Meydana Gelen Değişiklikler

Nazomaksiller süturda, Von Misses gerilmeleri en fazla maksiller kemiğe yakın olan superior bölgelerde meydana gelmiştir. Superiordan inferiora doğru ise azalma göstermiştir.

Maksimum asal gerilme, en fazla maksiller kemiğe yakın olan superior bölgede lokal bir alanda meydana gelmiştir (Resim 4.4).

Minimum asal gerilme, en az maksiller kemiğe yakın superior kısımlarında gözlemlenmiştir ve inferiora doğru gidildikçe azalma göstermiştir. En az ise inferior sutural alanda izlenmiştir (Resim 4.7).

Yer değiştirme değerlerine bakıldığında, nazomaksiller sutureda vertikal yönde inferior doğrultuda hafif yer değiştirme saptanırken, transvers ve vertikal yönde belirgin değişiklik izlenmemiştir (Resim 4.10).

Bulgular, nazomaksiller suturen superior kısımlarında basma kuvvetlerinin oluştuğunu göstermektedir.

4.1.4. Frontomaksiller Sutureda Meydana Gelen Değişiklikler

Frontomaksiller sutureda, Von Misses gerilmeleri en fazla medial sutural alanlarda gözlenmiştir ve lateral sutural alanlara gidildikçe hafif azalma gözlemlenmiştir.

Maksimum asal gerilme, en fazla median sutural alanda meydana gelmiştir. Lateral sutural alanlara gidildikçe maksimum asal gerilme değerlerinde azalma izlenmiştir (Resim 4.4).

Minimum asal gerilme, suture boyunca homojen şekilde dağılım göstermiştir. En az maksiller kemiğe komşu alanda minimum asal gerilmeler meydana gelmiştir (Resim 4.7).

Yer değiştirme değerlerine bakıldığında, frontomaksiller sutureda vertikal yönde inferior doğrultuda hafif yer değiştirme saptanırken, transvers ve vertikal yönde belirgin değişiklik izlenmemiştir (Resim 4.10).

Bulgular, frontomaksiller süturda daha çok basma kuvvetlerinin meydana geldiğini göstermektedir.

4.1.5. Frontonazal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler

Frontonazal süturda, Von Misses gerilmeleri en fazla medial sütural alanlarda gözlenmiştir ve lateral sütural alanlara gidildikçe hafif azalma gözlemlenmiştir.

Maksimum asal gerilme, en fazla median sütural alanda meydana gelmiştir. Lateral sutural alanlara gidildikçe maksimum asal gerilme değerlerinde azalma izlenmiştir (Resim 4.4).

Minimum asal gerilme, sütur boyunca homojen şekilde dağılım göstermiştir. En az maksiller kemiğe komşu alanda minimum asal gerilmeler meydana gelmiştir (Resim 4.7).

Yer değiştirme değerlerine bakıldığında, frontonazal süturda vertikal yönde inferior doğrultuda hafif yer değiştirme saptanırken, transvers ve vertikal yönde belirgin değişiklik izlenmemiştir (Resim 4.10).

Bulgular, frontonazal süturda daha çok basma kuvvetlerinin meydana geldiğini göstermektedir.

4.1.6. Zygomaticomaksiller Süturda Meydana Gelen Değişiklikler

Zygomaticomaksiller süturda, Von Misses gerilmeleri en fazla superior ve inferior kısımların arasında kalan sütural alanda izlenirken, en az superior ve inferior sütural alanlarda meydana gelmiştir.

Maksimum asal gerilme, en fazla superior ve inferior kısımların arasında kalan sütural alanda izlenirken, en az superior ve inferior sütural alanlarda meydana gelmiştir (Resim 4.4).

Minimum asal gerilme, bütün sutural alanda homojen bir şekilde dağılım göstermektedir fakat sadece superior ve inferior alanlar arasında kalan bölgede minör azalma göstermektedir (Resim 4.7).

Yer değiştirme değerlerine bakıldığında, zygomatikus suturda transvers yönde lateral doğrultuda hafif yer değiştirme saptanırken, sagittal yönde öne doğru ve vertikal yönde ise aşağı doğru hareket ettiği izlenmiştir (Resim 4.10).

Bulgular, zygomatikus suturda daha çok çekme gerilmelerinin meydana geldiğini göstermektedir.

4.1.7. Zygomatikus Temporal Suturda Meydana Gelen Değişiklikler

Zygomatikus temporal suturda, Von Misses gerilmeleri homojen bir dağılım göstermektedir fakat sadece superior ve inferior alanlar arasında kalan bölgede minör artış göstermektedir.

Maksimum asal gerilme, bütün sutural alanda homojen bir şekilde dağılım göstermektedir fakat sadece superior ve inferior alanlar arasında kalan bölgede minör artış göstermektedir (Resim 4.3).

Minimum asal gerilme, bütün sutural alanda homojen bir şekilde dağılım göstermektedir fakat sadece superior ve inferior alanlar arasında kalan bölgede minör azalma göstermektedir (Resim 4.6).

Yer değiştirme değerlerine bakıldığında, zygomatikus temporal suturda transvers yönde lateral doğrultuda hafif yer değiştirme saptanırken, sagittal ve vertikal yönde belirgin değişiklik izlenmemiştir (Resim 4.12).

Bulgular, minimum ve maksimum gerilme değerleri mutlak olarak kıyaslandığında zygomatikus temporal suturda daha çok çekme gerilmelerinin meydana geldiğini göstermektedir.

4.1.8. Zygomaticofrontal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler

Zygomaticofrontal süturda, Von Misses gerilmeleri homojen bir dağılım göstermektedir fakat sadece anterior alanda minör artış göstermektedir.

Maksimum asal gerilme, bütün sutural alanda homojen bir şekilde dağılım göstermektedir fakat sadece anterior bölgede minör artış göstermektedir (Resim 4.3).

Minimum asal gerilme, bütün sutural alanda homojen bir şekilde dağılım göstermektedir fakat sadece superior ve inferior alanlar arasında kalan bölgede minör azalma göstermektedir (Resim 4.6).

Yer değiştirme değerleri incelendiğinde, sagittal, vertikal ve transvers yönlerde minör yer değişime izlenirken, belirgin bir hareket meydana gelmemiştir (Resim 4.12).

Bulgular, zygomaticofrontal süturun anterior bölgesinde daha çok çekme gerilmelerinin meydana geldiğini, superior ve inferior alanlar arasında kalan bölgede ise basma gerilmelerinin meydana geldiğini göstermektedir.

4.1.9. Pterygomaksiller Süturda Meydana Gelen Değişiklikler

Pterygomaksiller süturda, Von Misses gerilmeleri en fazla superior kısımlarda zygomatik kemiğe ve pterygomaksiller fissura yakın alanlarda izlenirken, en az maksiller tuber bölgesine yakın inferior alanlarda görülmüştür. Pterygomaksiller süturdaki stres dağılımı homojen olmayıp heterojen bir yapıdadır ve medial bölgelerde lateral alanlara kıyasla daha fazla stres birikimi izlenmiştir.

Maksimum asal gerilme, en fazla superior kısımlarda zygomatik kemiğe ve pterygomaksiller fissura yakın alanlarda izlenirken, en az maksiller

tuber bölgesine yakın inferior alanlarda görülmüştür. Pterygomaksiller suturedeki stres dağılımı homojen olmayıp heterojen bir yapıdadır ve medial bölgelerde lateral alanlara kıyasla daha fazla stres birikimi izlenmiştir (Resim 4.2) .

Minimum asal gerilme, pterygomaksiller suturede heterojen dağılım göstermektedir. Suturen superior ve inferior alanlarında lokal alanlarda en az değerler izlenirken, bu bölgelerin arasında kalan kısımlarda daha fazladır. Benzer şekilde transvers yönde pterygomaksiller suturen lateral alanlarında minimum asal gerilme daha düşük değerler gösterirken, medial alanlarda daha yüksek değerlerde heterojen şekilde stres dağılımı izlenmektedir (Resim 4.8).

Yer değiştirme değerleri incelendiğinde, pterygomaksiller suture sagittal yönde öne doğru yer değiştirdiği ve bu yer değiştirmenin de en fazla inferior bölümlerde olduğu, yukarı doğru çıktıkça sagittal hareketin azaldığı gözlemlenmiştir. Transvers yönde, lateral doğrultuda minör hareket izlenmiştir. Vertikal yönde ise, inferior doğrultuda hareket meydana gelirken bu yer değiştirme heterojen olarak özellikle suturel alanın alt bölgelerinde yoğunlaşmıştır (Resim 4.11).

Bulgular, pterygomaksiller suturede daha çok çekme gerilmelerinin baskın olduğunu superior ve inferior alanlar arasında ise minör baskı kuvvetleri oluştuğunu göstermektedir.

4.1.10 Maksiller Dentisyonda Meydana Gelen Değişiklikler

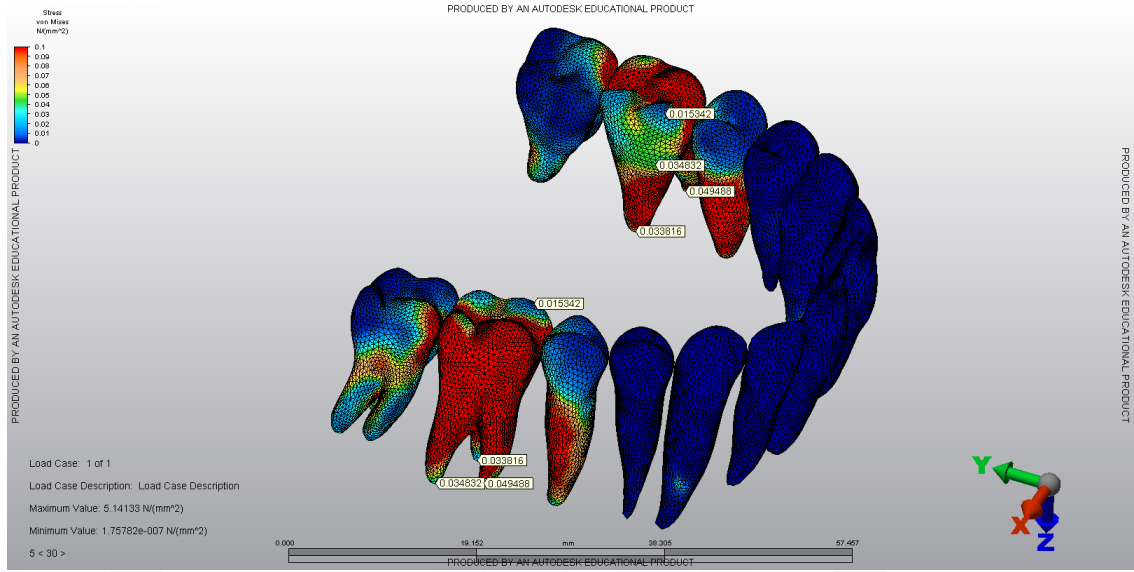
Maksiller dentisyonda, Von Misses gerilmeleri sırasıyla maksiller birinci molar ve ikinci premolar dişlerde yoğunlaşmıştır. Posterior bölgeden anteriora doğru gidildikçe Von Misses gerilmelerinde azalma gözlenmiş ve keserlerde minimal değerlere ulaşmıştır. Gerilme özellikle maksiller birinci moların palatinal kökünün apikal alanları ile, medial kökün medial yüzeyleri

üzerinde yoğunlaşmıştır. Koronal seviyede ise en çok etkilenen maksiller birinci moların meziobukkal tüberkülü olmuştur.

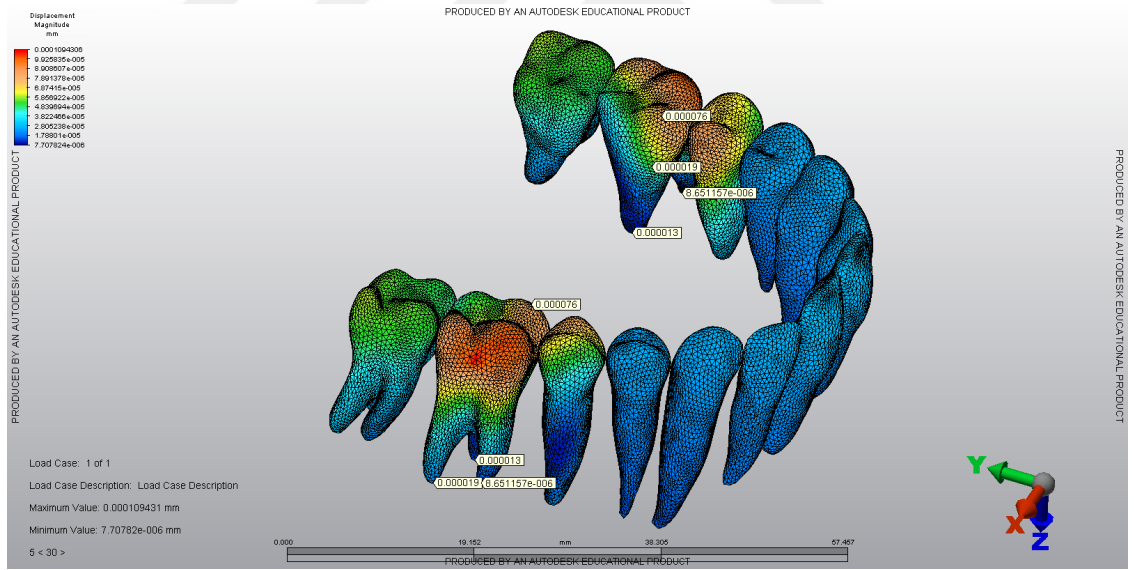
Maksimum gerilme, en fazla maksiller birinci molarda izlenirken anteriora doğru gidildikçe yoğunluk azalmaktadır ve keserlerde minimal değerler izlenmektedir.

Minimum gerilme, en az maksiller birinci molarda izlenirken anteriora doğru gidildikçe gerilme azalmaktadır ve keserlerde maksimal değerler izlenmektedir.

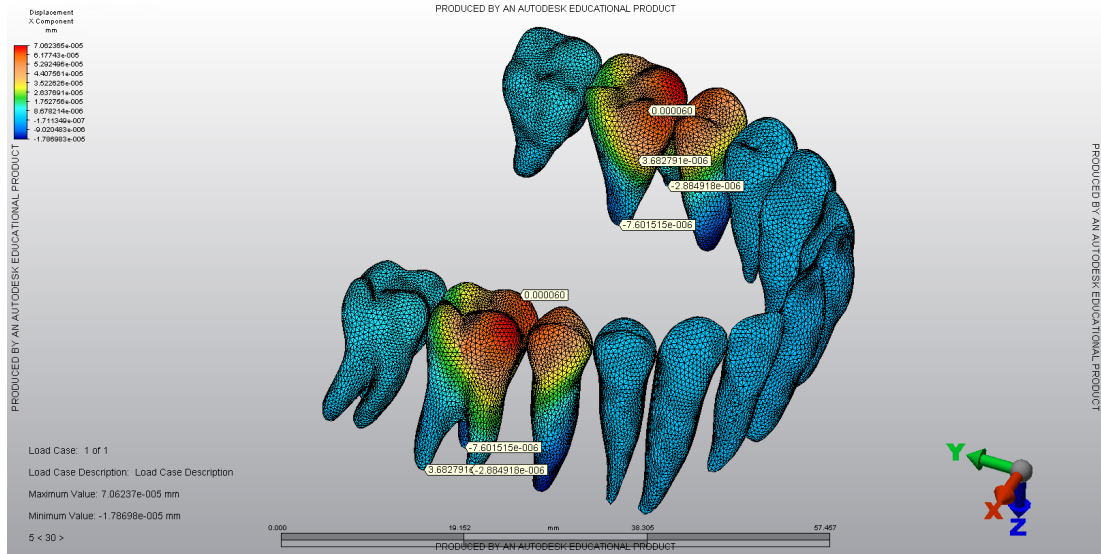
Yer değiştirme verileri incelendiğinde ise, total olarak en fazla yer değiştirme gösteren diş maksiller birinci molarken anteriora doğru gidildikçe yer değiştirme değerleri azalmakta ve keserler en az yer değiştirme gösteren dişler olarak bulunmuştur. X ekseninde, en fazla yer değiştiren sırasıyla maksiller birinci moların mesiobukkal tüberkülü, maksiller birinci moların mesiopalatinal tüberkülü ve ikinci premoların distomarjinal kenarıdır. Y ekseninde, en fazla yer değiştirme sırasıyla maksiller birinci moların bukkal tüberkülleri, ikinci molarların distal tüberkülleri ve ikinci premolar dişlerin palatinal tüberküllerinde gözlenmiştir. Z ekseninde ise, en fazla yer değiştirme sırasıyla maksiller ikinci molar dişlerin distobukkal tüberkülleri, maksiller ikinci moların distopalatinal tüberkülleri ve maksiller birinci molar dişlerin distobukkal tüberküllerinde izlenmiştir (Resim 4.13-17).



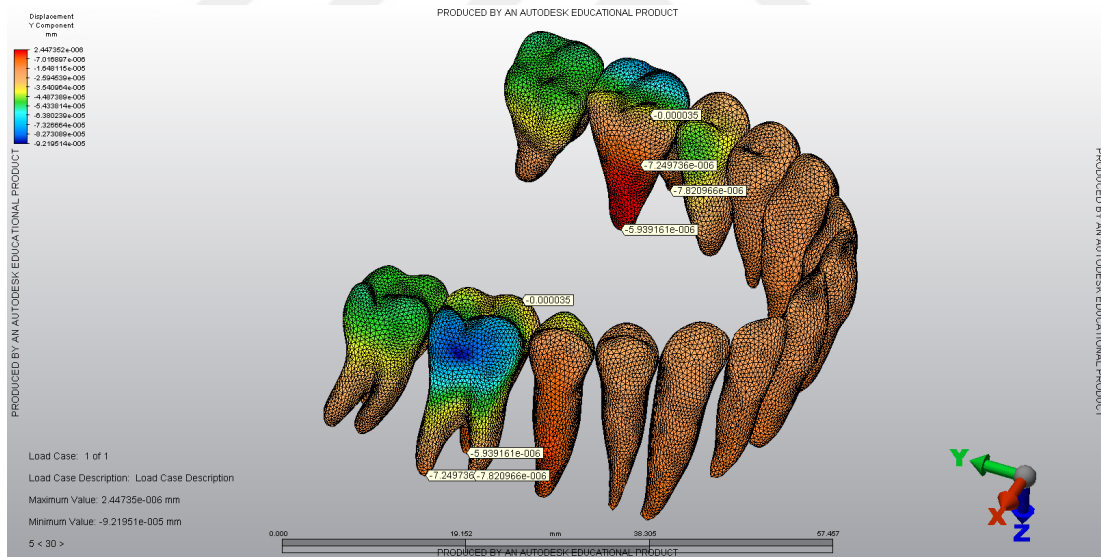
Resim 4.13. Maksiller dentisyona ait Von Misses değerlerine ait görüntü



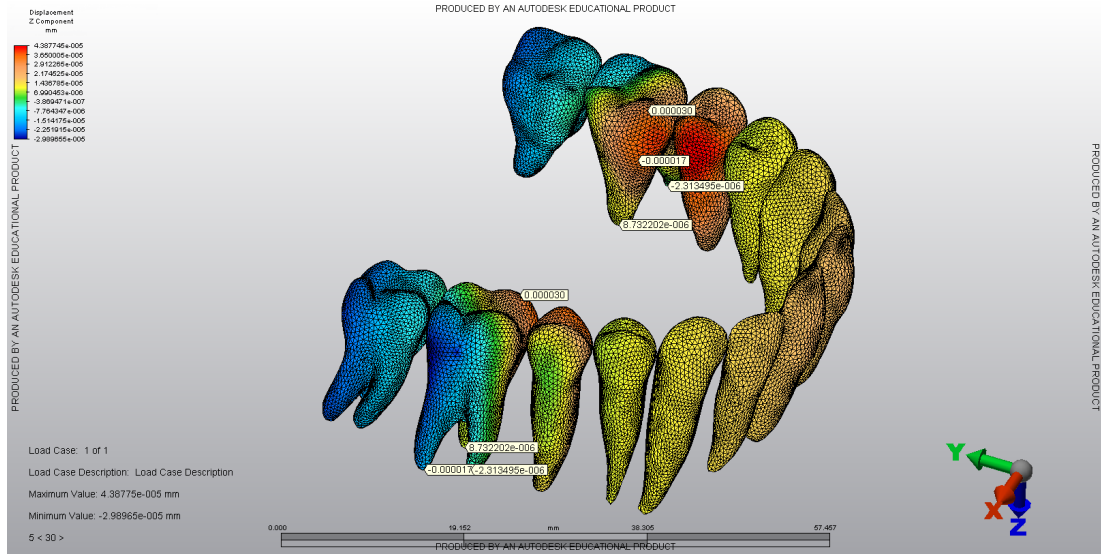
Resim 4.14. Maksiller dentisyondaki yer değiştirme değerlerine ait görüntü



Resim 4.15. Maksiller dentisyondaki yer değiştirme değerlerine ait goruntu



Resim 4.16. Maksiller dentisyondaki yer değiştirme değerlerine ait goruntu



Resim 4.17. Maksiller dentisyondaki yer değiştirme değerlerine ait goruntu

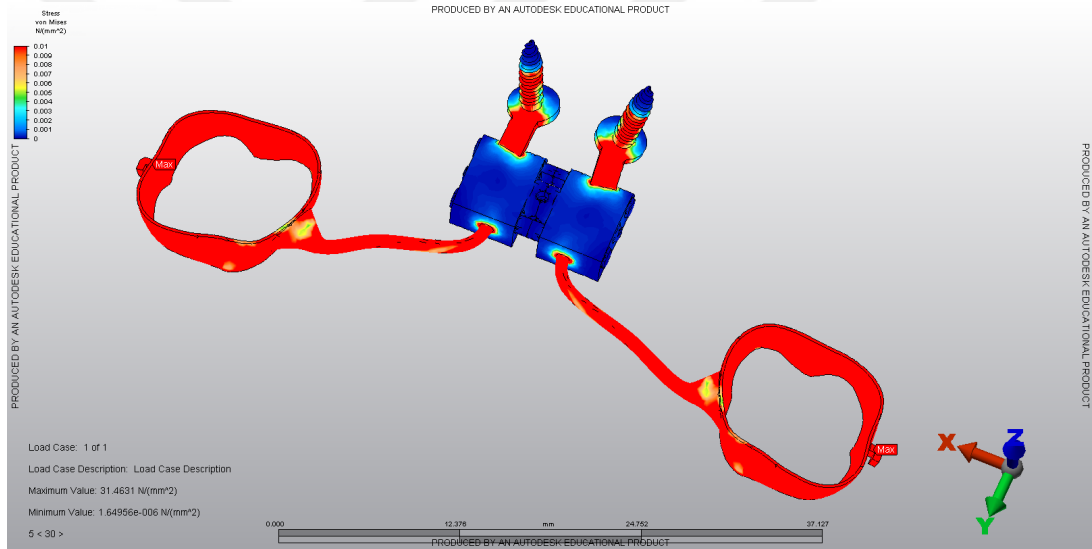
Bulgular incelendiğinde, maksiller dentisyon meziale doğru hareket etmiştir ve en fazla mezial hareketi birinci molar dişler gstermiştir. Maksiller dentisyon dikey yonde zellikle posterior bolgede ekstruze olmuştur ve transver yonde ise zellikle posterior molar bolgede lateral yonde devrilme hareketi meydana gelmiştir.

4.1.11. HH Apareyinde Meydana Gelen Değişiklikler

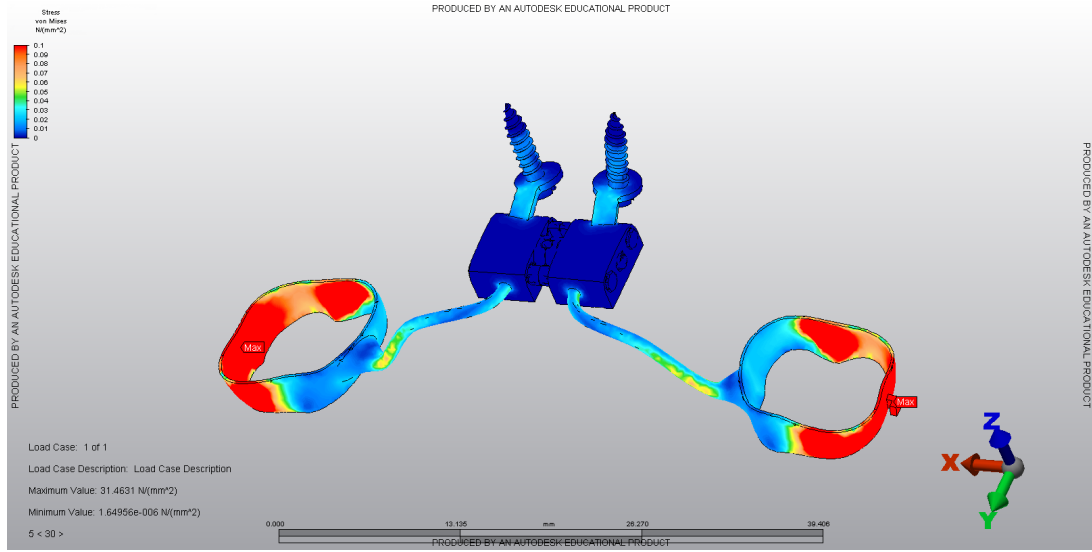
Maksiller birinci molar dişler zerinde yer alan molar bantların bukkal yuzyerlerinde Von Mises gerilmelerinde yoğunlaşma izlenmiştir ve bu yoğunlaşma palatinal bolgeye doğru gidildike azalmış fakat apareyin palatinalde yer alan birleşim alanlarında tekrar stres dağılımda artış meydana gelmiştir (Resim 4.18).

Palatinal bar bileşeninde, molar dişlerdeki bantlardan itibaren stres dağılımında artış görülmekte ve orta kısımlara gelindiğinde azalma ile devam etmektedir fakat palatinal barların ekspansiyon vidası ile birleşme kısımlarında Von Misses gerilmelerinde hafif artış ile geçiş göstermektedir (Resim 4.19).

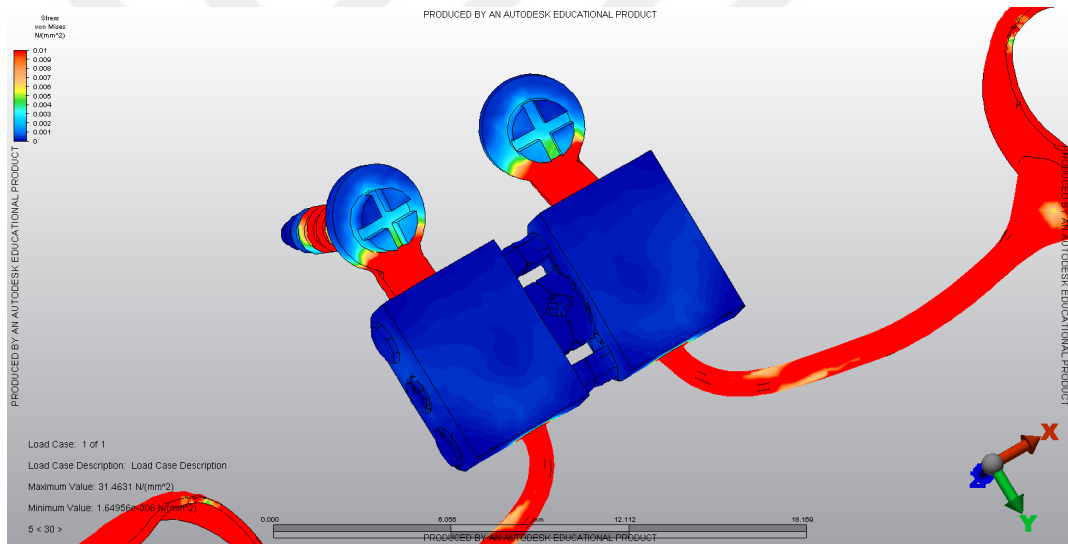
Minividalar ile birleşim alanlarında, kuvvet özellikle ekspansiyon vidasının başlayarak homojen artış izlenmektedir. Stres dağılımı genel olarak birleşim alanlarında yoğunlaşmaktadır (Resim 4.20-22).



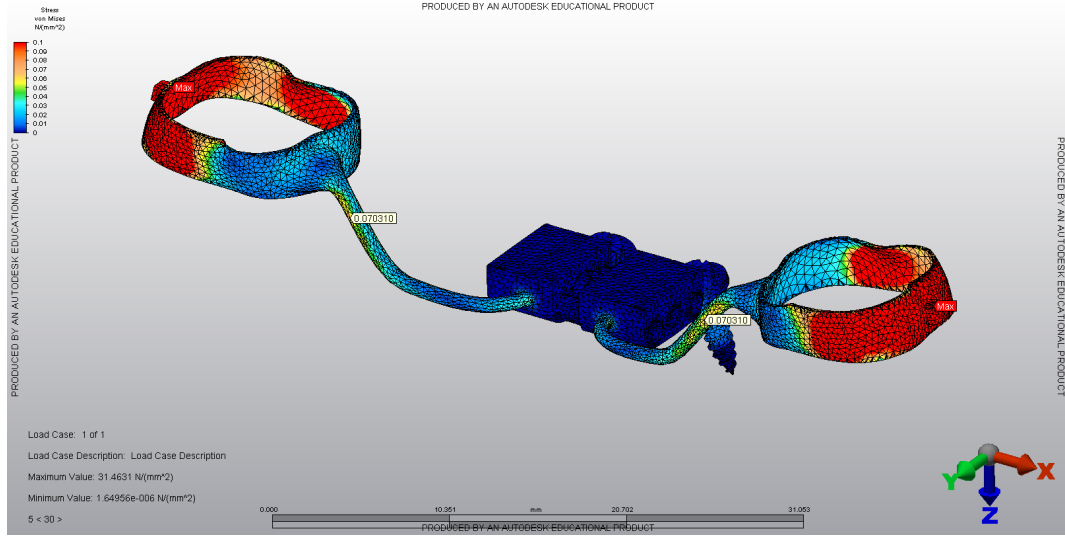
Resim 4.18. Apareyde meydana gelen Von Misses değerlerine ait görüntü



Resim 4.19. Apareyde meydana gelen Von Misses değerlerine ait görüntü



Resim 4.20. Apareyde meydana gelen Von Misses değerlerine ait görüntü

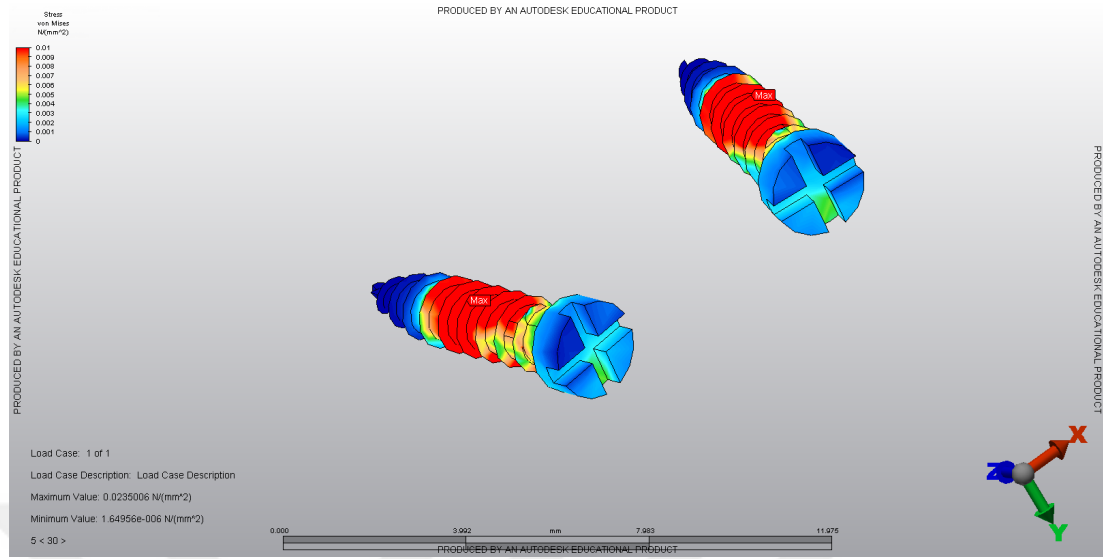


Resim 4.21. Apareyde meydana gelen Von Misses değerlerine ait görüntü

4.1.12. Minivaldalarda Meydana Gelen Değişiklikler

Palatinal bölgeye yerleştirilen minivaldalarda, orta yivlerde Von Misses gerilmelerinde artış izlenirken, vidaların apikal bölgelerinde bu dağılım azalarak minimum değerlere ulaşmaktadır. Minivaldaların apareyle birleşim kısımlarında özellikle anterior ve posterior kısımlarında olmak üzere dairesel olarak stres birikimleri izlenmiştir (Resim 4.22).

Minivaldaların, özellikle boyun kısımları incelendiğinde posterior birleşim alanlarında kuvvet yoğunlaşması belirgin hale gelirken anterior bölgelerde bu değerler minimale inmektedir.



Resim 4.22. Minividalarda meydana gelen Von Misses değerlerine ait görüntü

4.2. İnfrazyomatik Plaklar Yardımıyla Maksiller Protraksiyon Modeline ait Bulgular

İnfrazyomatik plaklar (MP) yardımıyla maksiller protraksiyon uygulanan modelde meydana gelen değişiklikler Von Misses gerilmeleri, maksimum asal gerilme ve minimum asal gerilme olarak değerlendirilmiştir (Tablo 4.4-4.6).

Tablo 4.4 MP Apareyine ait Von Misses Değerleri

MP Apareyine ait Von Misses Değerleri (MPa)		
Midpalatal Sütür	Anterior	0.0005

Nazomaksiller Sütür	Orta	0.0143
	Posterior	0.0013
	Superior	0.0132
Frontomaksiller Sütür	Orta	0.0142
	İnferior	0.0161
	Medial	0.0134
Frontonazal Sütür	Lateral	0.0152
	Medial	0.0137
Zygomaticomaksiller Sütür	Lateral	0.0145
	Superior	0.0019
	Orta	0.0015
Zygomaticotemporal Sütür	İnferior	0.0034
	Superior	0.0045
	Orta	0.0038
Zygomaticofrontal Sütür	İnferior	0.0046
	Anterior	0.0014
	Posterior	0.0015
Pterygomaksiller Sütür	Medial	0.9587
	Orta	1.1179
	Lateral	0.9046

Tablo 4.5 MP Apareyine ait Maksimum Asal Gerilme Değerleri

MP Apareyine ait Maksimum Asal Gerilme Değerleri (MPa)		
Midpalatal Sütür	Anterior	0.0006
	Orta	0.0002
	Posterior	0.0012
Nazomaksiller Sütür	Superior	0.0028
	Orta	0.0019
	İnferior	0.0018
Frontomaksiller Sütür	Medial	0.0014
	Lateral	0.0014
Frontonazal Sütür	Medial	0.0014
	Lateral	0.0015
Zygomaticomaksiller Sütür	Superior	0.0007
	Orta	0.0111
	İnferior	0.0107

Zygomaticotemporal Sütur	Superior	0.0027
	Orta	0.0035
	İnferior	0.0039
Zygomaticotemporal Sütur	Anterior	0.0011
	Posterior	0.0010
Pterygomaksiller Sütur	Medial	0.0247
	Orta	0.0379
	Lateral	0.0285



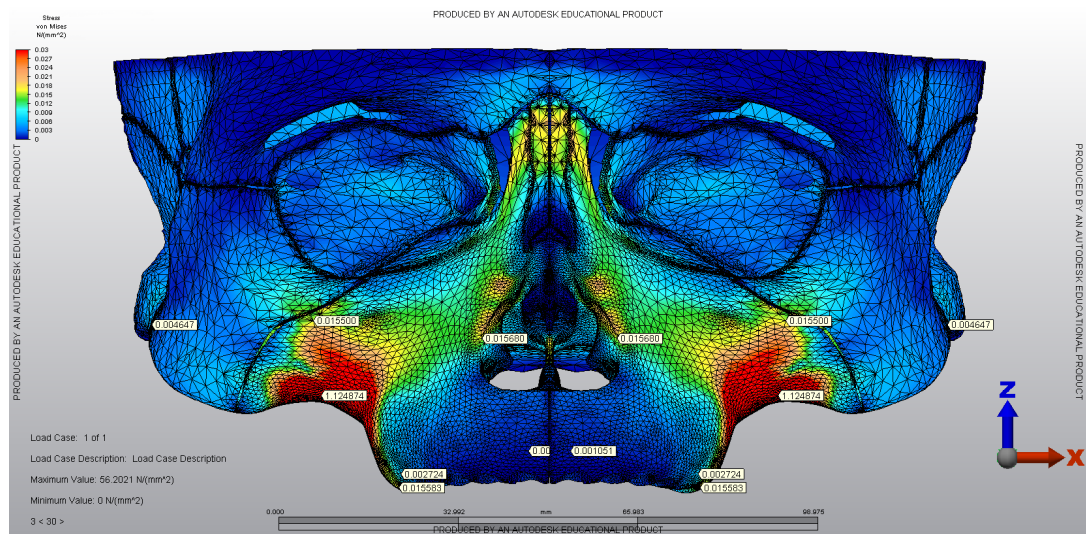
Tablo 4.6 MP Apareyine ait Minimum Asal Gerilme Değerleri

MP Apareyine ait Minimum Asal Gerilme Değerleri (MPa)		
Midpalatal Sütur	Anterior	-0.00006
	Orta	-0.0143
	Posterior	-0.0002
Nazomaksiller Sütur	Superior	-0.0125
	Orta	-0.0243
	İnferior	-0.0054
Frontomaksiller Sütur	Medial	-0.0129
	Lateral	-0.0105
Frontonazal Sütur	Medial	-0.0126
	Lateral	-0.0128
Zygomaticomaksiller Sütur	Superior	-0.0014
	Orta	-0.0006
	İnferior	-0.0010
Zygomaticotemporal Sütur	Superior	-0.0011
	Orta	-0.0009

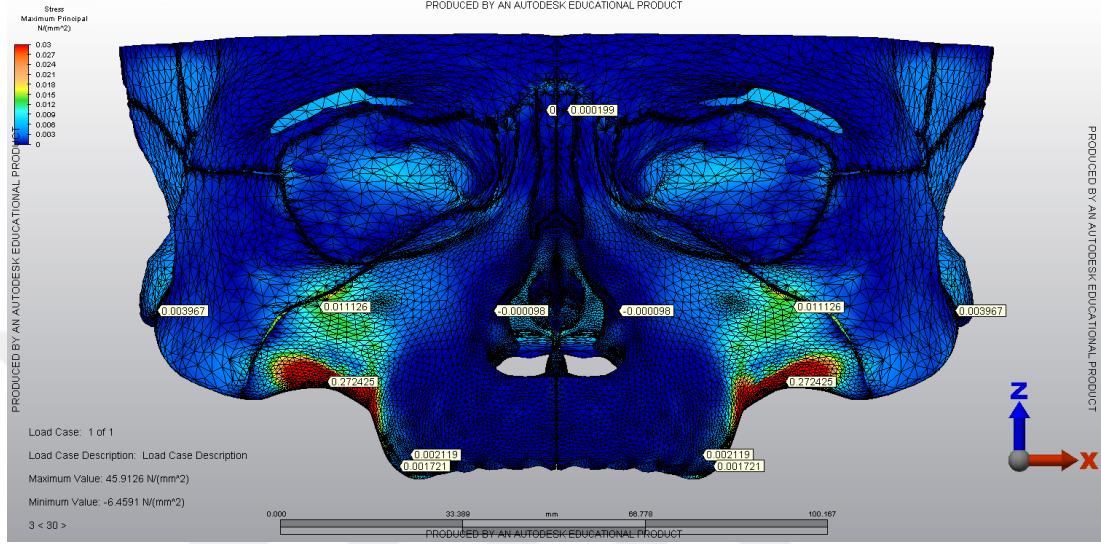
Zygomaticofrontal Sütür	İnferior	-0.0010
	Anterior	-0.0004
	Posterior	-0.0004
Pterygomaksiller Sütür	Medial	-0.0022
	Orta	-0.8498
	Lateral	-0.0026

4.2.1. Nazomaksiller Kompleks ve Alveoler Kemikte Meydana Gelen Değişiklikler

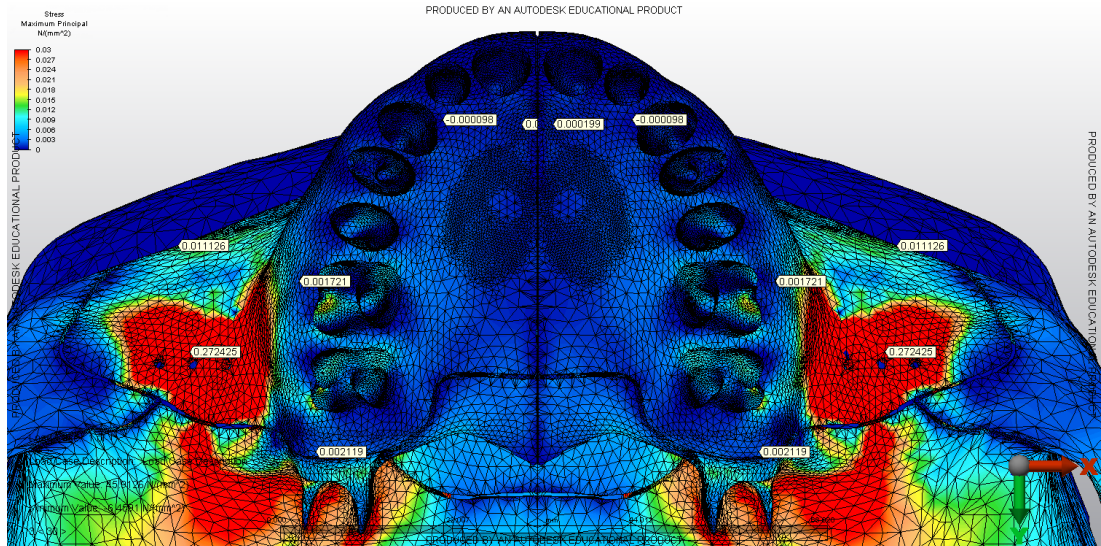
Nazomaksiller kompleks ve alveoler yapılarda, Von Mises gerilmelerinin en fazla görüldüğü alan plakların uygulandığı infrazygomatik alan iken, bunu pterygomaksiller sütür izlemektedir. Gerilim kuvvetleri özellikle bu iki alandan itibaren çevre yapılara dağılarak azalmaktadır. Frontonazal bölgedeki minör stres yoğunlaşmaları, paranazal alanda yine benzer bir artışla dağılım göstermektedir. En az stres yoğunlaşması ise maksiller anterior bölge ve zygomatik kemiğin lateral kısımlarında izlenmektedir.



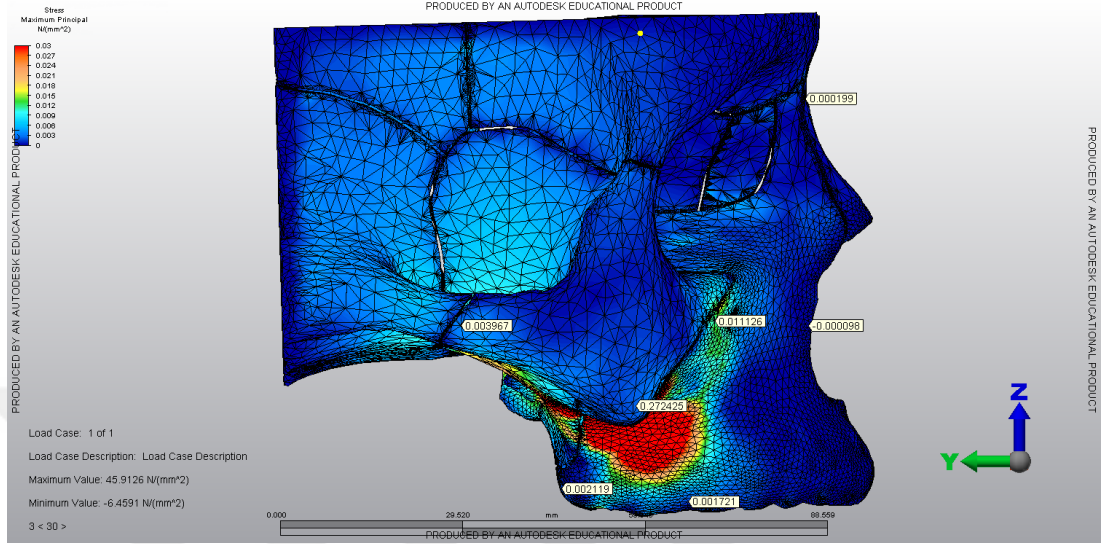
Resim 4.23. MP modelindeki Von Mises değerlerine ait frontal görüntü



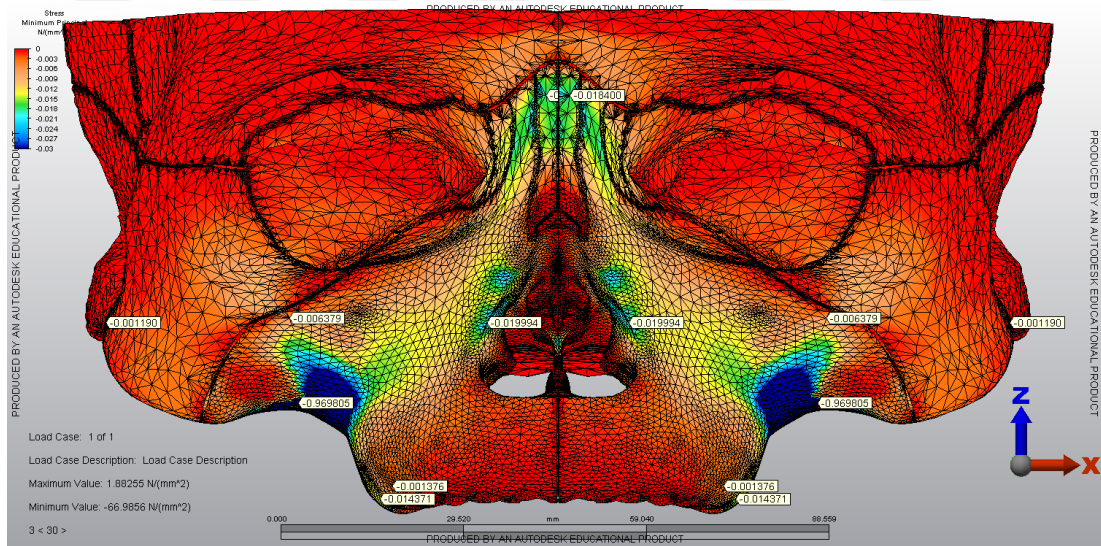
Resim 4.26. MP modelindeki maksimum asal gerilme değerlerine ait frontal görüntü



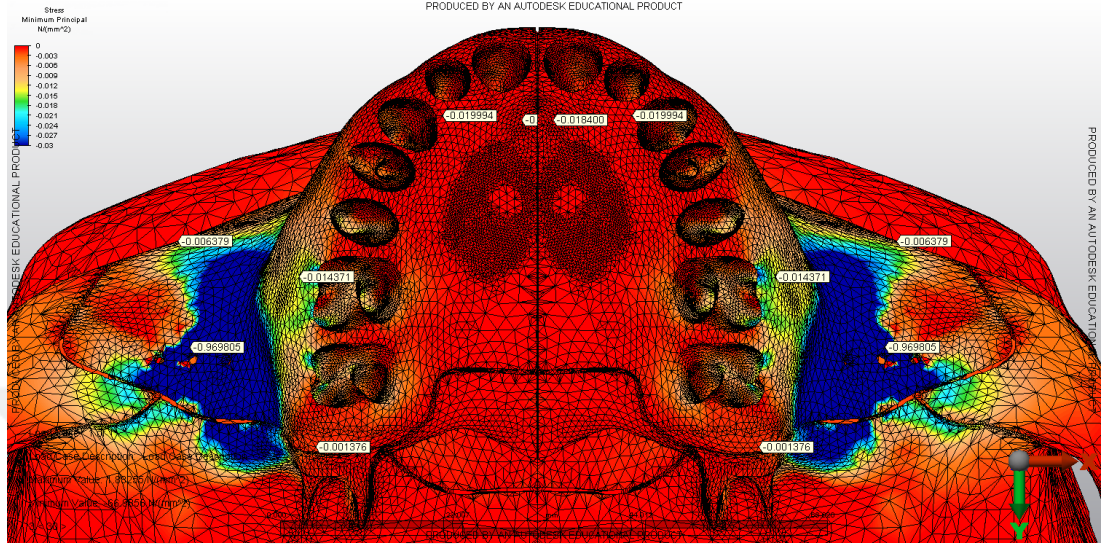
Resim 4.27. MP modelindeki maksimum principal değerlerine ait oklüzal görüntü



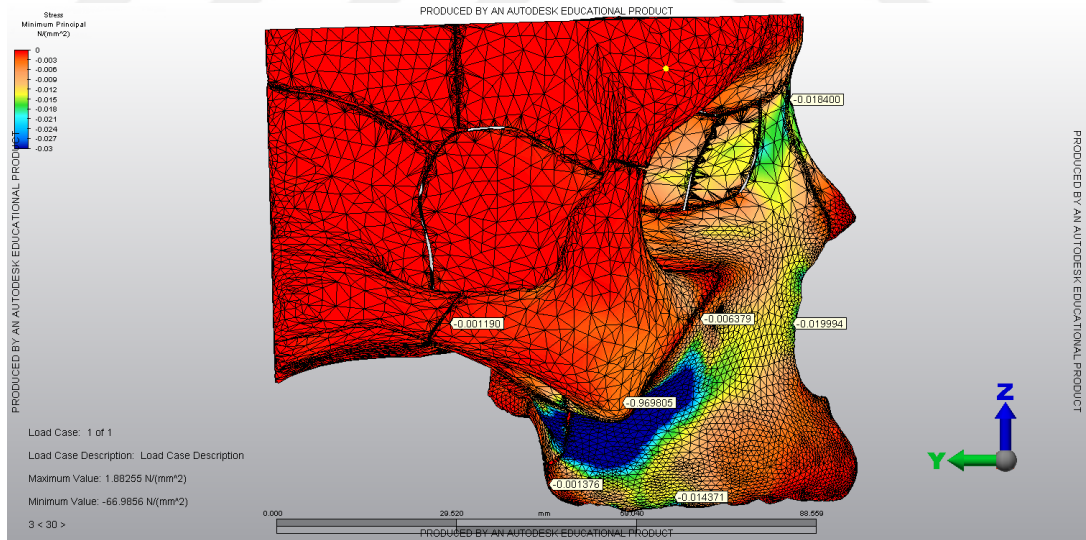
Resim 4.28. MP modelindeki maksimum principal değerlerine ait profil görüntüsü



Resim 4.29. MP modelindeki minimum asal gerilme değerlerine ait frontal görüntü



Resim 4.30. MP modelindeki minimum asal gerilme değerlerine ait oklüzal görüntü



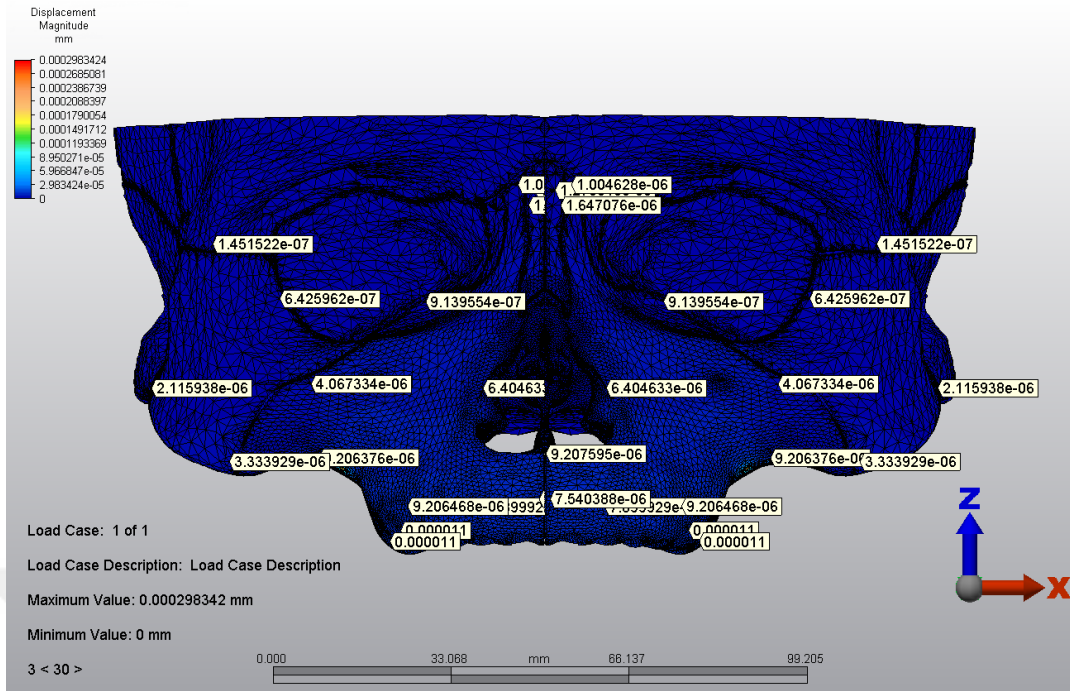
Resim 4.31. MP modelindeki minimum asal gerilme değerlerine ait profil görüntüsü

Maksimum asal gerilme, en fazla maksiller kemiğin zygomatik prosesine yakın alanda, infrazygomatik bölgede ve pterygomaksiller sutureda

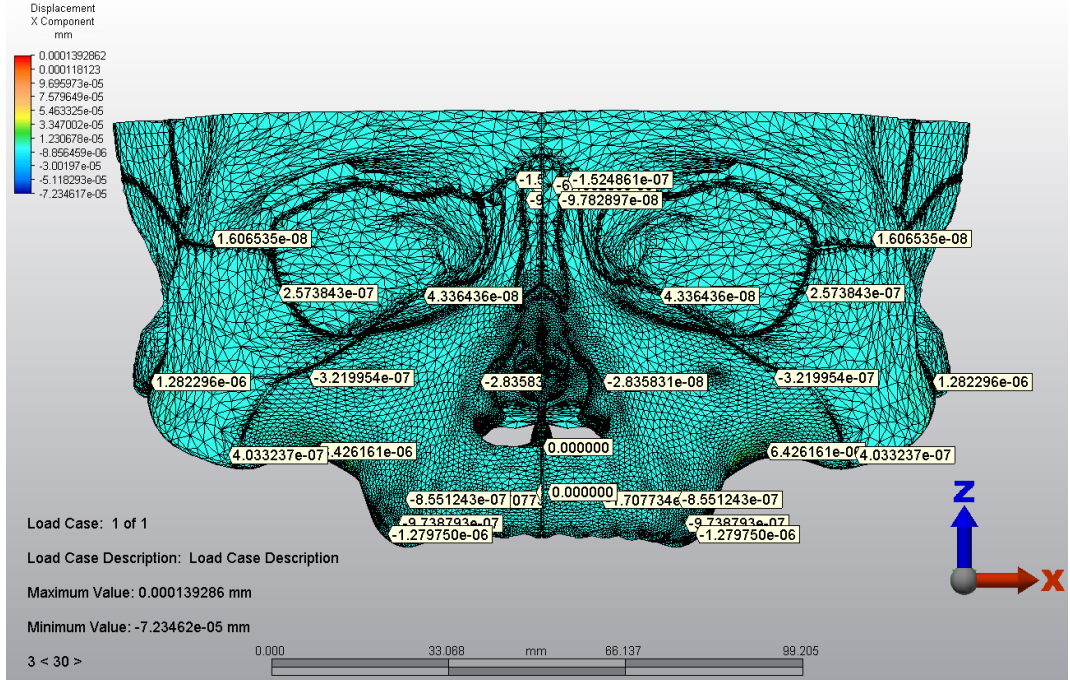
meydana gelmiştir. Özellikle plakların uygulandığı alanda yoğunlaşan gerilmeler, periferel dağılım gösterirken azalmaktadır (Resim 4.26-28).

Minimum asal gerilme, en az maksiller kemiğin zygomatik prosesine yakın alanda, infrazygomatik bölgede ve pterygomaksiller sutureda meydana gelmiştir. Minimal oranda ise, apertura nazalisin lateral duvarları ile maksillanın frontal proseslerinde gözlenmiştir (Resim 4.29-31).

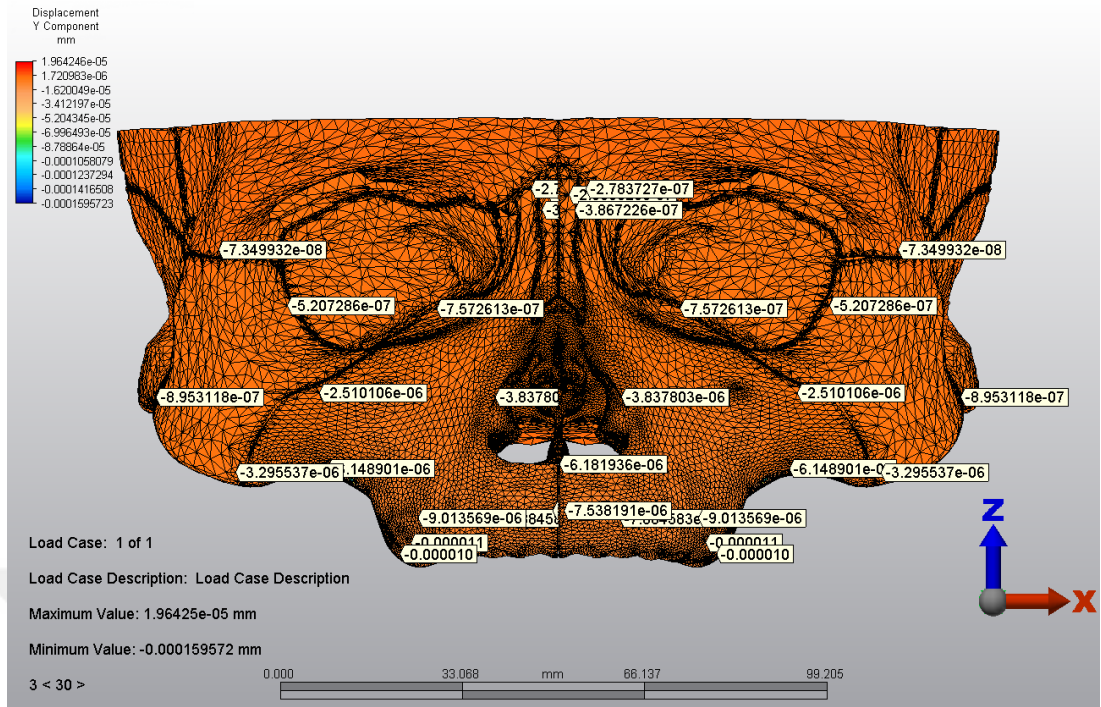
Yer değiştirme değerleri incelendiğinde, sagittal yönde en fazla yer değiştime maksillada plakların uygulandığı kısımda, pterygomaksiller sutureda ve frontomaksiller proses bölgesinde meydana gelirken, transvers yönde lateral doğrultuda en fazla yer değiştirme plakların uygulandığı zygomatik arkın inferior bölgesinde ve zygomatik arkın dış kısımlarında görülürken, medial doğrultuda yer değiştirme ise en çok apertura nazalisi çevreleyen kemiğin orta kısımlarında görülmüştür. Dikey yönde ise, inferior doğrultuda en fazla yer değiştirme frontomaksiller sutureda ve anterior premaksiller bölgede superior doğrultuda görülürken, posteriorda tüber bölgesi yukarı doğru yer değiştirmiştir (Resim 4.32-35).



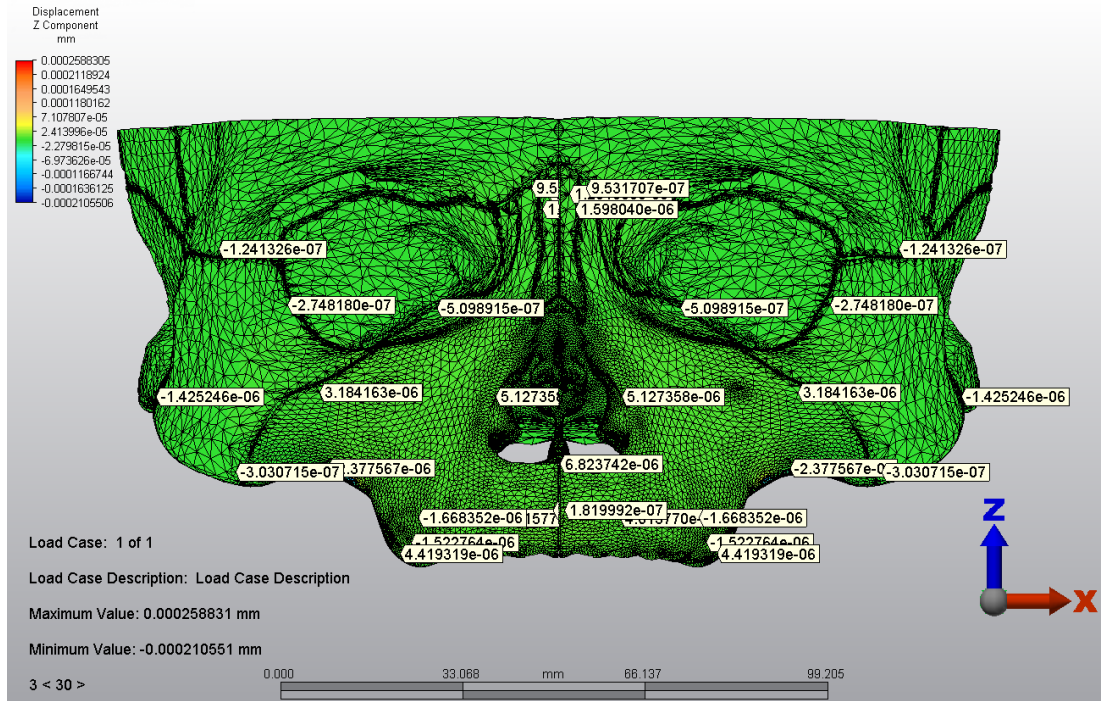
Resim 4.32. MP modelindeki yer değiştirme değerlerine ait frontal grnt



Resim 4.33. MP modelindeki yer değiştirme değerlerine ait frontal grnt



Resim 4.34. MP modelindeki yer değıştirme değerlerine ait frontal görüntü



Resim 4.35. MP modelindeki yer değıştirme değerlerine ait frontal görüntü

4.2.2. Median Palatal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler

Median palatal süturda, Von Misses gerilmeleri homojen şekilde dağılım göstermektedir ve minimal seviyededir (Resim 4.24).

Maksimum asal gerilme, homojen şekilde dağılım göstermektedir ve minimal seviyededir (Resim 4.27).

Minimum asal gerilme, homojen şekilde dağılım göstermektedir ve minimal seviyededir (Resim 4.30).

Yer değiştirme değerleri incelendiğinde, median palatal süturun ön kısmı yukarı doğru, posterior kısmı da maksilla ile birlikte inferior yönde hareket etmiştir. Transvers yönde bir değişiklik gözlemlenmezken, sagittal yönde anterior doğrultuda öne doğru yer değiştirme saptanmıştır (Resim 4.32-35).

Bulgular, median palatal süturda miniplaklara uygulanan kuvvetin baskı yada gerilme gibi herhangi bir cevap oluşturmadığını göstermektedir.

4.2.3. Nazomaksiller Süturda Meydana Gelen Değişiklikler

Nazomaksiller süturda, Von Misses gerilmeleri en fazla maksiller kemiğe yakın olan superior bölgelerde meydana gelmiştir. Superiordan inferiora doğru ise azalma göstermiştir (Resim 4.23).

Maksimum asal gerilme, en fazla maksiller kemiğe yakın olan superior bölgede lokal bir alanda meydana gelmiştir (Resim 4.26).

Minimum asal gerilme, en az maksiller kemiğe yakın superior kısımlarında gözlemlenmiştir ve inferiora doğru gidildikçe azalma göstermiştir. En az ise inferior sutural alanda izlenmiştir (Resim 4.29).

Yer değiştirme değerlerine bakıldığında, nazomaksiller süturda vertikal yönde inferior doğrultuda hafif yer değiştirme saptanırken, transvers ve vertikal yönde belirgin değişiklik izlenmemiştir (Resim 4.32-35).

Bulgular, nazomaksiller süturun superior kısımlarında basma kuvvetlerinin oluştuğunu göstermektedir.

4.2.4. Frontomaksiller Süturda Meydana Gelen Değişiklikler

Frontomaksiller süturda, Von Misses gerilmeleri en fazla medial sütural alanlarda gözlenmiştir ve lateral sütural alanlara gidildikçe hafif azalma gözlemlenmiştir (Resim 4.23).

Maksimum asal gerilme, en fazla median sütural alanda meydana gelmiştir. Lateral sutural alanlara gidildikçe maksimum asal gerilme değerlerinde azalma izlenmiştir (Resim 4.26).

Minimum asal gerilme, sütur boyunca homojen şekilde dağılım göstermiştir. En az maksiller kemiğe komşu alanda minimum asal gerilmeler meydana gelmiştir (Resim 4.29).

Yer değiştirme değerlerine bakıldığında, frontomaksiller süturda vertikal yönde inferior doğrultuda hafif yer değiştirme saptanırken, transvers ve vertikal yönde belirgin değişiklik izlenmemiştir (Resim 4.32-35).

Bulgular, frontomaksiller süturda daha çok basma kuvvetlerinin meydana geldiğini göstermektedir.

4.2.5. Frontonazal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler

Frontonazal süturda, Von Misses gerilmeleri en fazla medial sütural alanlarda gözlenmiştir ve lateral sütural alanlara gidildikçe hafif azalma gözlemlenmiştir (Resim 4.23).

Maksimum asal gerilme, homojen dağılım göstermekle birlikte en fazla median sütural alanda meydana gelmiştir. Lateral sutural alanlara gidildikçe maksimum asal gerilme değerlerinde azalma izlenmiştir (Resim 4.26).

Minimum asal gerilme, suture boyunca homojen şekilde dağılım göstermiştir. En az maksiller kemiğe komşu alanda minimum asal gerilmeler meydana gelmiştir (Resim 4.29).

Yer değiştirme değerlerine bakıldığında, frontonazal sutureda vertikal yönde inferior doğrultuda hafif yer değiştirme saptanırken, transvers ve vertikal yönde belirgin değişiklik izlenmemiştir (Resim 4.32-35).

Bulgular, frontonazal sutureda daha çok basma kuvvetlerinin meydana geldiğini göstermektedir.

4.2.6. Zygomaticomaksiller Sutureda Meydana Gelen Değişiklikler

Zygomaticomaksiller sutureda, Von Misses gerilmeleri en fazla superior ve inferior kısımlardaki sütural alanlarda izlenirken, en az superior ve inferior sütural alanlar arasında kalan orta kısımda meydana gelmiştir (Resim 4.23).

Maksimum asal gerilme, en fazla superior ve inferior kısımların arasında kalan sütural alanda ve posterior-inferior bölgede izlenirken, en az superior ve inferior sütural alanlar arasında kalan orta sütural bölgede meydana gelmiştir (Resim 4.26).

Minimum asal gerilme, bütün sutural alanda homojen bir şekilde dağılım göstermektedir fakat sadece posterior-inferior bölgede minör azalma göstermektedir (Resim 4.29).

Yer değiştirme değerlerine bakıldığında, zygomaticomaksiller süturda transvers yönde lateral doğrultuda hafif yer değiştirme saptanırken, sagittal yönde öne doğru ve vertikal yönde ise aşağı doğru hareket ettiği izlenmiştir (Resim 4.32-35).

Bulgular, zygomaticomaksiller studa daha çok çekme gerilmelerinin meydana geldiğini göstermektedir.

4.2.7. Zygomaticotemporal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler

Zygomaticotemporal süturda, Von Misses gerilmeleri homojen bir dağılım göstermektedir fakat sadece superior ve inferior alanlar arasında kalan bölgede minör artış göstermektedir (Resim 4.25).

Maksimum asal gerilme, bütün sutural alanda homojen bir şekilde dağılım göstermektedir fakat sadece superior ve inferior alanlar arasında kalan bölgede minör artış göstermektedir (Resim 4.28).

Minimum asal gerilme, bütün sutural alanda homojen bir şekilde dağılım göstermektedir fakat sadece superior ve inferior alanlar arasında kalan bölgede minör azalma göstermektedir (Resim 4.31).

Yer değiştirme değerlerine bakıldığında, zygomaticotemporal süturda transvers yönde lateral doğrultuda hafif yer değiştirme saptanırken, sagittal ve vertikal yönde belirgin değişiklik izlenmemiştir (Resim 4.32-35).

Bulgular, minimum ve maksimum gerilme değerleri mutlak olarak kıyaslandığında zygomaticotemporal süturda daha çok çekme gerilmelerinin meydana geldiğini göstermektedir.

4.2.8. Zygomaticofrontal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler

Zygomaticofrontal süturda, Von Misses gerilmeleri homojen bir dağılım göstermektedir fakat sadece anterior alanda minör artış göstermektedir (Resim 4.25).

Maksimum asal gerilme, bütün sutural alanda homojen bir şekilde dağılım göstermektedir fakat sadece anterior bölgede minör artış göstermektedir (Resim 4.28).

Minimum asal gerilme, bütün sutural alanda homojen bir şekilde dağılım göstermektedir fakat sadece superior ve inferior alanlar arasında kalan bölgede minör azalma göstermektedir (Resim 4.31).

Yer değiştirme değerleri incelendiğinde, sagittal, vertikal ve transvers yönlerde minör yer değişime izlenirken, belirgin bir hareket meydana gelmemiştir (Resim 4.32-35).

Bulgular, zygomaticofrontal süturun anterior bölgesinde daha çok çekme gerilmelerinin meydana geldiğini, anterior ve posterior alanlar arasında kalan bölgede ise basma gerilmelerinin meydana geldiğini göstermektedir.

4.2.9. Pterygomaksiller Süturda Meydana Gelen Değişiklikler

Pterygomaksiller süturda, Von Misses gerilmeleri en fazla superior kısımlarda zygomatik kemiğe ve pterygomaksiller fissura yakın alanlarda izlenirken, en az maksiller tuber bölgesine yakın inferior alanlarda görülmüştür. Pterygomaksiller suturedeki stres dağılımı homojen olmayıp heterojen bir yapıdadır ve medial bölgelerde lateral alanlara kıyasla daha fazla stres birikimi izlenmiştir (Resim 4.24).

Maksimum asal gerilme, en fazla superior kısımlarda zygomatik kemiğe ve pterygomaksiller fissura yakın alanlarda izlenirken, en az maksiller tuber bölgesine yakın inferior alanlarda görülmüştür. Pterygomaksiller süturdaki stres dağılımı homojen olmayıp heterojen bir yapıdadır ve medial bölgelerde lateral alanlara kıyasla daha fazla stres birikimi izlenmiştir (Resim 4.27).

Minimum asal gerilme, pterygomaksiller süturda heterojen dağılım göstermektedir. Sagittal yönde süturun sadece superior bölgesinde en az değerler izlenirken, bu bölgelerin dışında kalan kısımlarda daha fazladır. Benzer şekilde transvers yönde pterygomaksiller süturun lateral alanlarında minimum asal gerilme daha düşük değerler gösterirken, medial alanlarda daha yüksek değerlerde heterojen stres dağılımları izlenmektedir (Resim 4.30).

Yer değiştirme değerleri incelendiğinde, pterygomaksiller sütur sagittal yönde öne doğru yer değiştirdiği ve bu yer değiştirmenin de en fazla inferior bölümlerde olduğu, yukarı doğru çıkıldıkça sagittal hareketin azaldığı gözlemlenmiştir. Transvers yönde, lateral doğrultuda minör hareket izlenmiştir. Vertikal yönde ise, inferior doğrultuda hareket meydana gelirken bu yer değiştirme heterojen olarak özellikle sütural alanın alt bölgelerinde yoğunlaşmıştır (Resim 4.32-35).

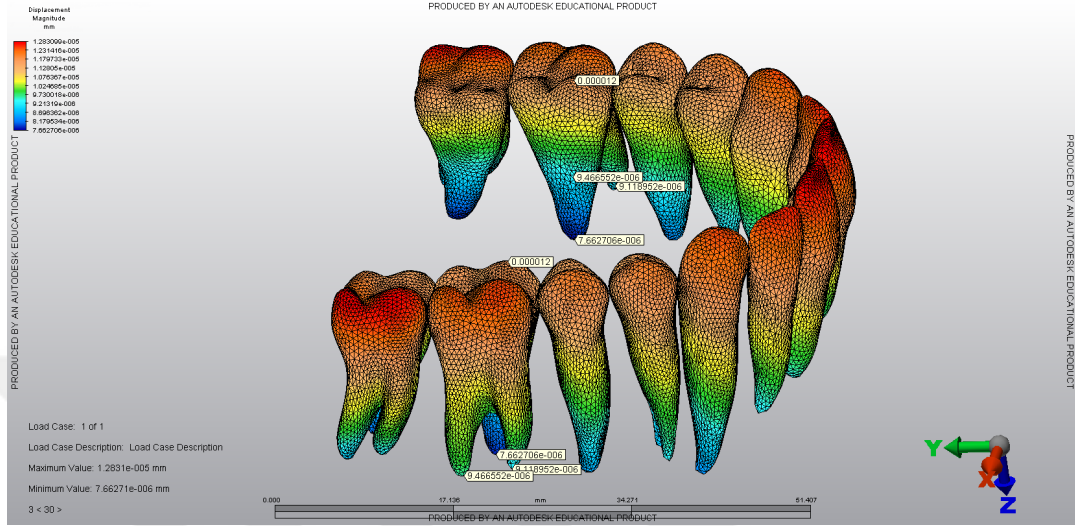
Bulgular, pterygomaksiller süturda daha çok çekme gerilmelerinin baskın olduğunu göstermektedir.

4.2.10. Maksiller Dentisyonda Meydana Gelen Değişiklikler

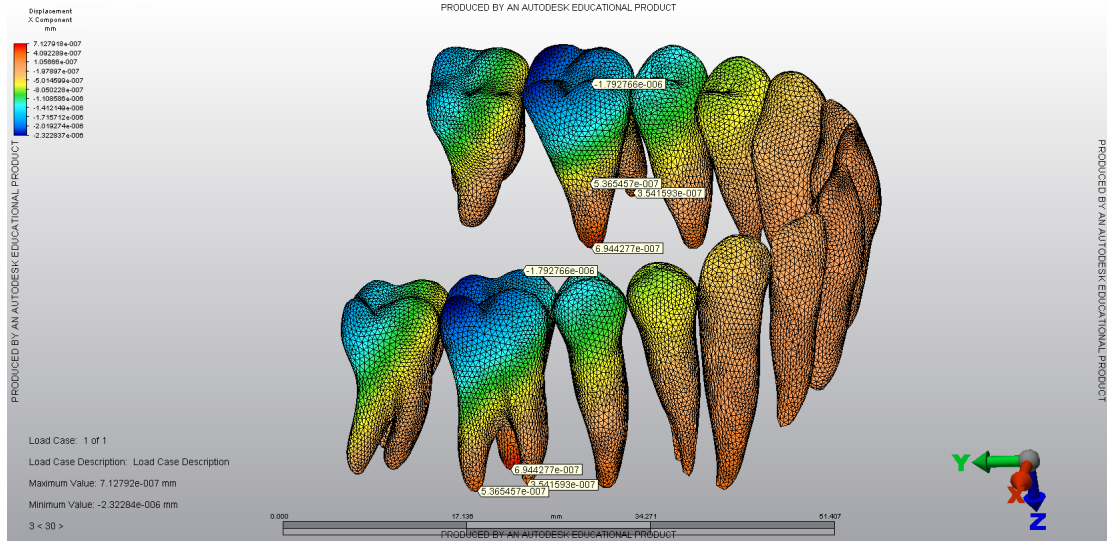
Maksiller dentisyond, Von Misses gerilmeleri homojen olarak dağılım gösterirken minimal değerlerde seyretmektedir (Resim 4.37-39).

Maksimum asal gerilme, bütün dişler için ortalama olarak benzer değerlere sahiptir ve minimal değerlerde seyretmektedir (Resim 4.37-39).

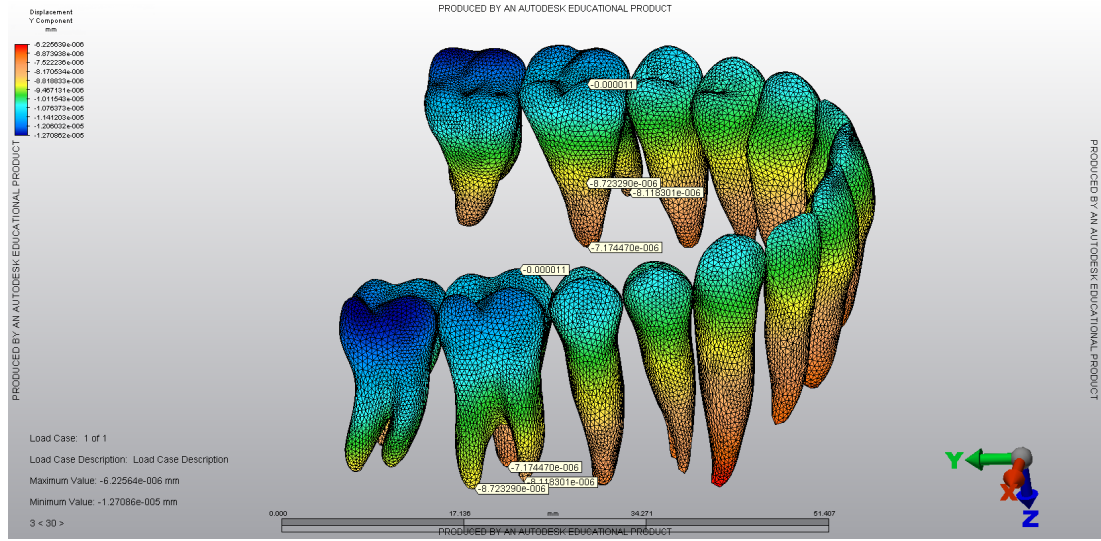
Minimum asal gerilme, bütün dişler için ortalama olarak benzer değerlere sahiptir ve maksimal değerlerde seyretmektedir (Resim 4.37-39).



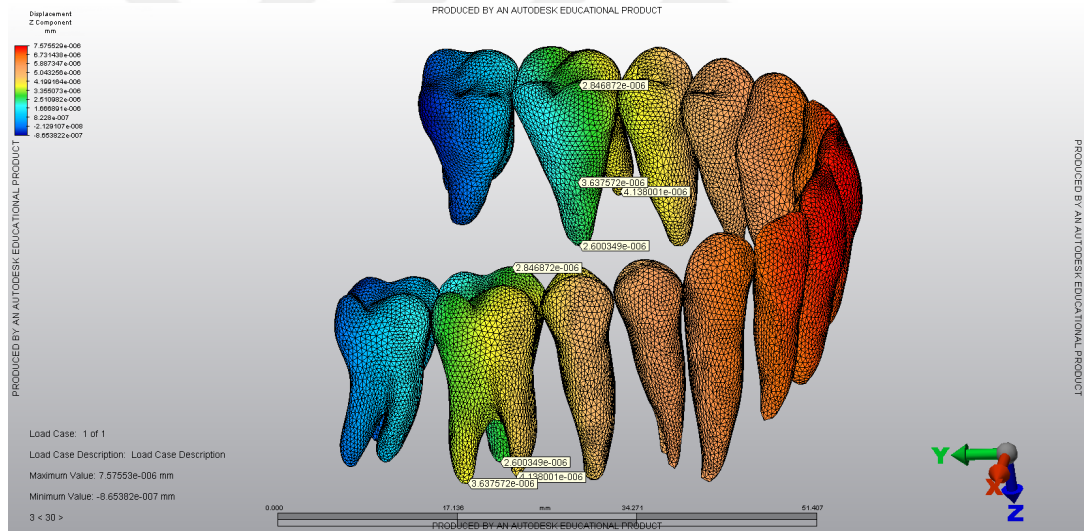
Resim 4.36. MP modelindeki maksiller dentisyondaki yer değiştirme değerlerine ait görüntü



Resim 4.37. MP modelindeki maksiller dentisyondaki yer değiştirme değerlerine ait görüntü



Resim 4.38. MP modelindeki maksiller dentisyondaki yer değıştirme değerlerine ait görüntü



Resim 4.39. MP modelindeki maksiller dentisyondaki yer değıştirme değerlerine ait görüntü

Yer değıştirme verileri incelendiğinde, maksiller dentisyonda neredeyse bütün dişlerin benzer miktarda anteriora doğru yer değıştirdiği ve kron-kök bazında bakıldığında tüm dişlerin kronlarının köklerine oranla daha fazla öne doğru yer değıştirdiği görülmüştür (Resim 4.36).

Maksiller dentisyondaki dişlerin köklerinin yer değiştirme miktarları farklı bulunmuştur. Posteriodaki molarlardan başlayarak anteriorda keser bölgesine doğru gidildikçe artan oranlarda kök hareketi saptanmıştır.

X ekseninde, en fazla yer değiştime gösteren dişler keserlerken, posteriodaki molarlarda ve özellikle maksiller birinci molarlarda en az yer değiştirme değerleri okunmuştur. Y ekseninde, en fazla yer değiştime gösteren dişler keserlerken, posteriodaki molarlarda ve özellikle maksiller ikinci molarlarda en az yer değiştirme değerleri okunmuştur. Z ekseninde, en fazla yer değiştime gösteren dişler keserlerken, posteriodaki molarlarda ve özellikle maksiller ikinci molarlarda en az yer değiştirme değerleri okunmuştur.

4.2.11. İnfrazygomatik Plaklarda Meydana Gelen Değişiklikler

Miniplaklara kuvvet yüklemesi ile birlikte, Von Misses gerilmesi ağız içerisine açılan boyun kısımdan başlamak üzere ikinci minividanın uygulandığı seviyeye kadar artarak devam etmiştir. Kuvvetin en fazla yoğunlaştığı alan inferiorda kalan vidayı çevreleyen miniplak bölümü ve vidanın boynudur (Resim 4.40-42).

Miniplağın, en superiordaki kısmı en az gerilime maruz kalan alan olmuştur, en üstte yer alan bu kısımda Von Misses gerilmeleri özellikle minividayı çevreleyen plakta yoğunlaşmıştır.

4.2.12. Minividalarda Meydana Gelen Değişiklikler

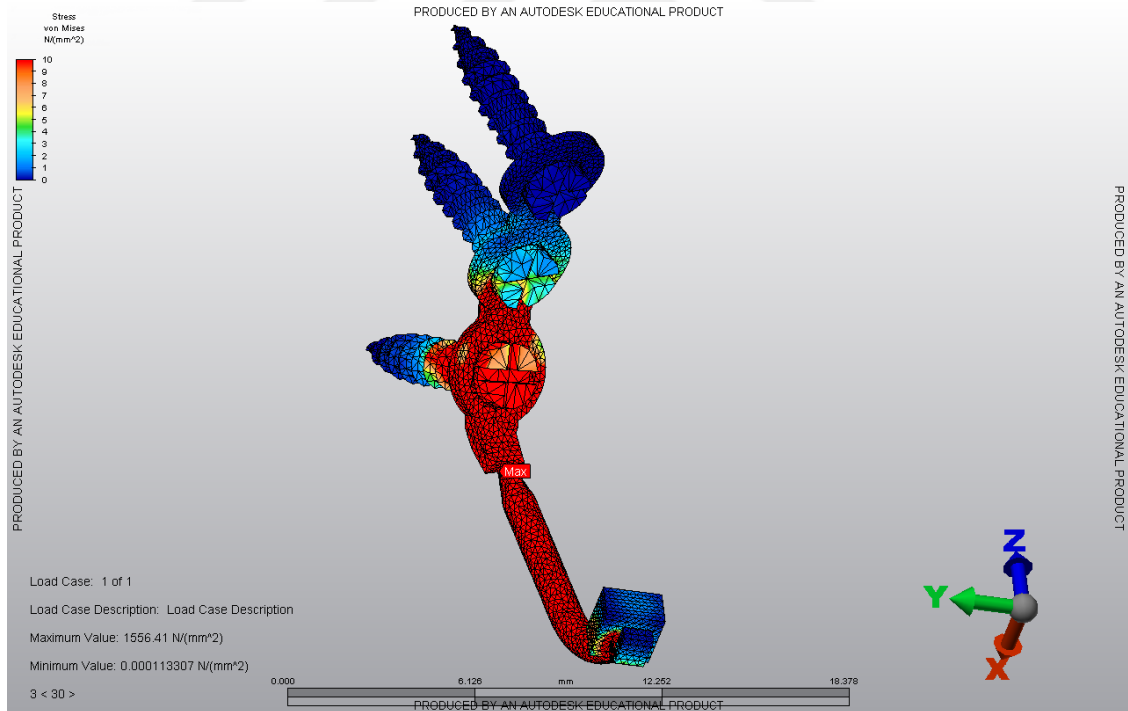
Minividalarda kuvvetin dağılımı heterojendir ve sırası ile inferiordan başlayarak superiordaki vidaya doğru Von Misses gerilmeleri incelendiğinde değerlerin giderek azaldığı gözlemlenmiştir (Resim 4.40-43).

İferiordaki vidada en yüksek Von Misses değeri 9.8 N ile boyun bölgesinde ölçülürken, en az apikal alanda 0.0125 N olarak ölçülmüştür. Stres dağılımları özellikle minividanın alt kısımlarında ve boyun bölgesinde artış

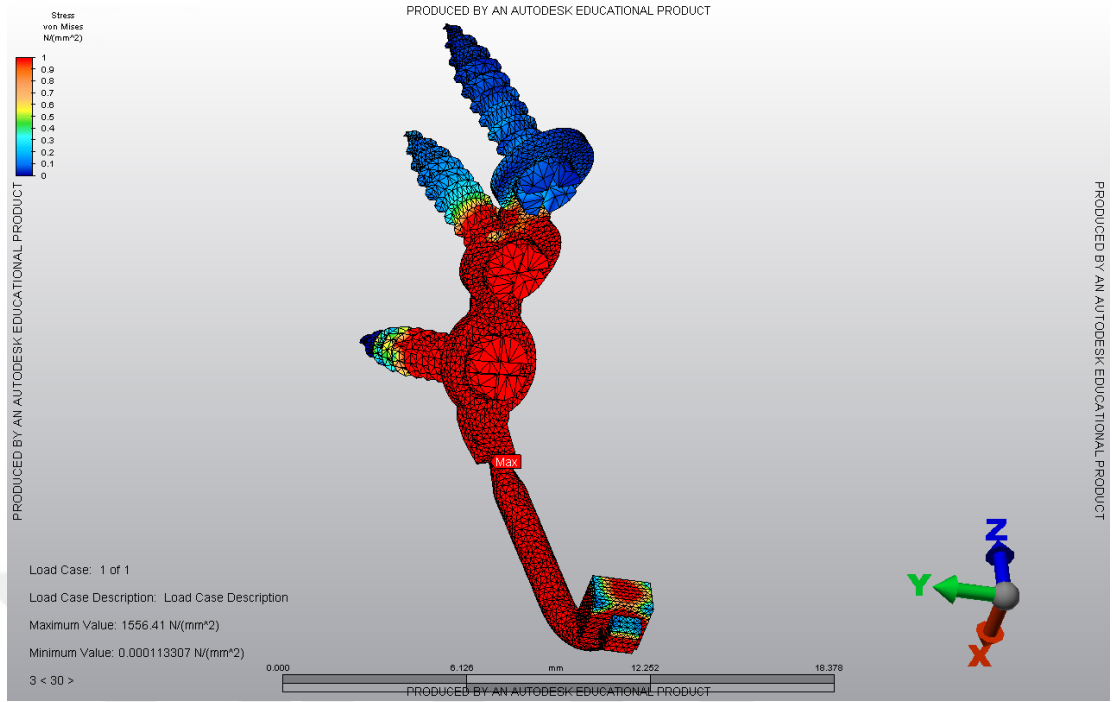
gösterirken kemik-vida bağlantı noktasında da stres artışları izlenmiştir (Resim 4.39-42).

Median minividadada, en fazla Von Misses değeri 6.745 N ile boyun bölgesinde ve alveoler kemiğe komşu alanda ölçülürken, en az apikal bölgede 0.0115 N olarak ölçülmüştür. Stres dağılımları özellikle minividanın alt kısımlarında ve boyun bölgesinde artış gösterirken kemik-vida bağlantı noktasında da stres artışları izlenmiştir (Resim 4.40-42).

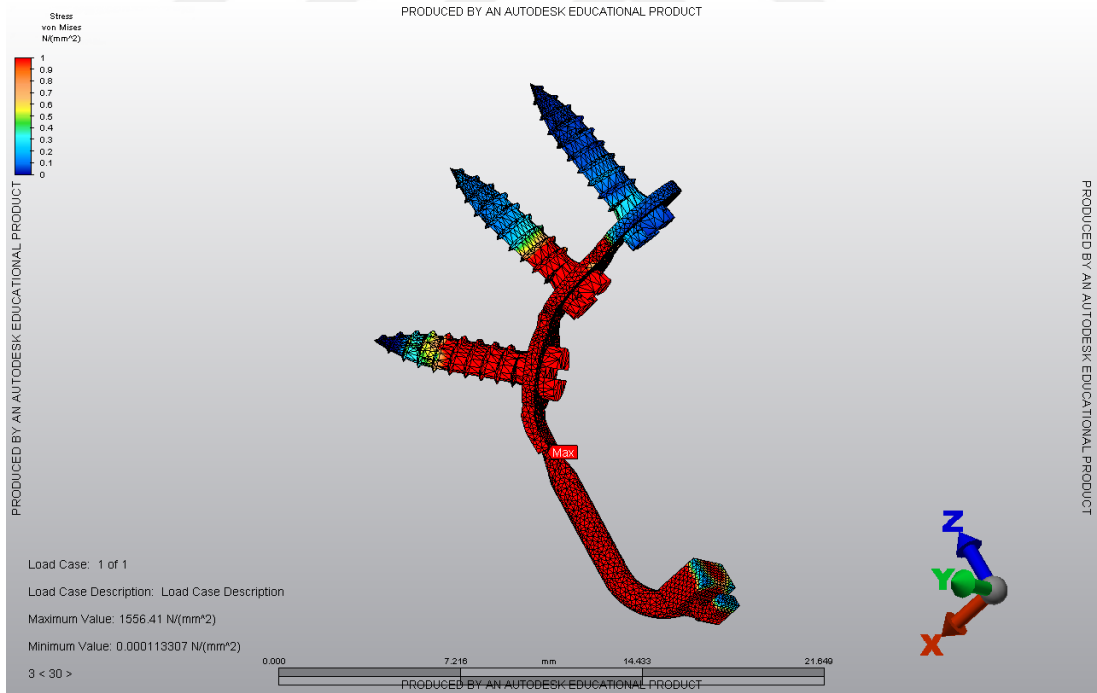
Superiordaki minividadada, en fazla Von Misses değeri 0.785 N ile boyun bölgesinde ölçülürken, en az apikal bölgede 0.0012 n olarak ölçülmüştür.



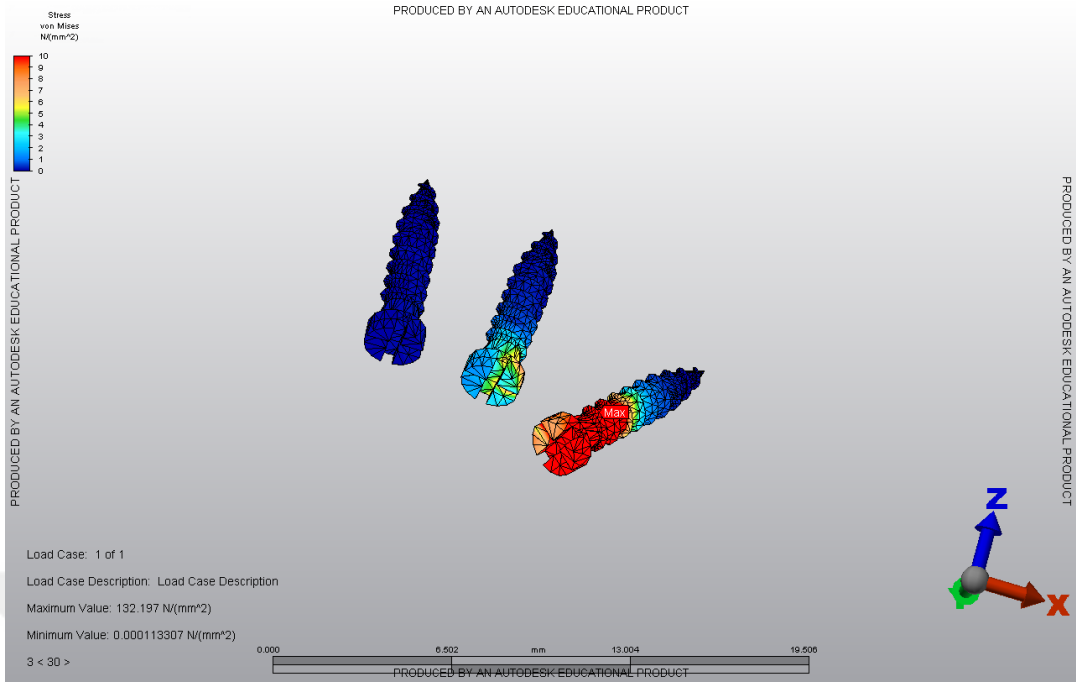
Resim 4.40. MP modelindeki plaklardaki Von Misses değerlerine ait görüntü



Resim 4.41. MP modelindeki plaklardaki Von Mises değerlerine ait görüntü



Resim 4.42. MP modelindeki plaklardaki Von Mises değerlerine ait görüntü



Resim 4.43. MP modelindeki plaklardaki Von Mises değerlerine ait görüntü

5. TARTIŞMA

5.1. Çalışmanın Amacı

İskeletsel sınıf III maloklüzyonların görülme insidansı çok yüksek olmamasına rağmen fasiyal profilde oluşturduğu etkiler ve meydana getirdikleri fonksiyon bozuklukları sebebiyle hastalar tarafından kolaylıkla fark edilmektedir. Bu durumla ilişkili iskeletsel maloklüzyonların tedavisi de aynı oranda zor olmakta ve başarılı tedavi sonuçlarına ihtiyaç duyulmaktadır (4, 11).

Maksiller retrüzyona sahip iskeletsel sınıf III maloklüzyonların tedavisi yüz maskesi ile yapılabilmektedir (59). Benzer şekilde yüz maskesine alternatif olarak iskeletsel ankraj üniteleri üzerinden uygulanan maksiller protraksiyon ile de sınıf III maloklüzyonlar tedavi edilebilmektedir (58). Konvansiyonel yüz maskesi tedavilerinde ağız içinde ankraj alınan dişlerde ve ilgili çenede istenmeyen diş hareketleri meydana gelmekte, mezializasyon başta olmak üzere meydana gelen bu istenmeyen diş hareketleri dental yan etkiler oluşturarak tedavinin etkinliğini azaltmaktadır (60, 130). İskeletsel ankraj ile maksillanın çeşitli alanlarına minivida yada miniplaklar yerleştirilerek bu istenmeyen dental etkilerin azaltılması hedeflenmektedir. Yeni tekniklerle birlikte bu hedeflere ulaşmak kolay gibi düşünülse de yeni yöntemlerin de maksillanın anterior rotasyonu, uygulanan kuvvetin doğrultusuna göre konvansiyonel yöntemlerden farklı olarak direnç merkezine bağlı oluşturduğu moment ve dişlerde minör de olsa dental etkileri gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır (58, 63, 69).

Çalışmamızın amacı; hybrid hyrax ile uygulanan maksiller protraksiyon kuvveti ve infrazygomatik kreste yerleştirilen miniplaklar üzerinden uygulanan maksiller protraksiyon kuvvetinin üç boyutlu sonlu elemanlar analizi ile maksiller dentisyon, nazomaksiller kompleks ve sirkummaksiller suture sistemi üzerinde oluşturduğu etkileri inceleyerek etkili bir ortopedik tedavi için uygun şartların araştırılmasına yardımcı olmaktır. Bu

durumla ilişkili iskeletsel maloklüzyonların tedavisi de aynı oranda zor olmakta ve başarılı tedavi sonuçlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

5.2. Materyal ve Metod

Sonlu elemanlar analizi, özellikle mühendislik ve sağlık alanlarında sıklıkla kullanılan bir çeşit bilgisayar destekli simülasyondur (114). Bu simülasyonlar sayesinde sonsuz sayıdaki değişken tahmin edilebilir sonlu sayıda elemana dönüştürülmekte ve bu sayede elde edilen veriler tedavi mekanikleri açısından tahmin edilebilir sonuçlara dönüştürülebilmektedir (113, 116). Maksiller retrognatiye bağlı sınıf III maloklüzyonlarda protraksiyon kuvvetinin etkilerinin incelendiği çalışmamızda bu amaçla sonlu elemanlar analizi tercih edilerek olası değişkenler tahmin edilmeye çalışılmış ve sonsuz sayıdaki bilinmeyen değişken bu sayede kuvvet ile iskeletsel elemanlar bazında indirgenmiştir. Ortodontik tedavinin etki meydana getiren faktörü olan kuvvet olduğuna göre ve kuvvetin de özellikleri olduğuna göre bunun determinantlara ayrılması daha etkili tedavi sonuçları üretmeye yardımcı olacaktır. Sonlu elemanlar analizi sayesinde kuvvetin değişkenleri rahatlıkla kontrol edilebilmektedir. Bu amaçla kuvvetin etkilerini daha sağlıklı ve etikili bir şekilde değerlendirebilmek için çalışmamızda sonlu elemanlar analizi tercih edilmiştir.

Analiz yapılacak sonlu elemalar modelini etmek için medikal görüntüler ile modelleme, bire bir anatomik modelleme ve segmentasyon gibi farklı yöntemler önerilmiştir (45, 114, 116). Medikal görüntülerden faydalanılarak yapılan modellemede öncelikle konik ışınlı bilgisayarlı tomografi görüntüleri seçilerek taranmakta, taranan görüntüler üzerindeki hata ve artefaktlar ise manuel olarak düzeltilmektedir. Elde edilen hacimsel görüntüler rekonstrükte edilerek DICOM formatında üç boyutlu görüntüleri oluşturacak farklı bir programda düzenlenmesi ile uygulanmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken kemik ve dental yapılar gibi dokuların iyi ayrıştırılması ile birlikte mekanik özelliklerinin programa iyi tanımlanmasıdır, çünkü yazılımda kuvvetin etkileri incelenirken üç boyutlu görüntü mekanik

özellikleri ve sınır değerlerine göre cevap-tepki verecektir (114). Bu noktada çalışmamızda kullanılan görüntü özellikle sınıf III iskeletsel maloklüzyona ait olan bilgisayarlı tomografiden elde edilmiştir.

Maksiller retrognatiye bağlı iskeletsel Sınıf III maloklüzyonlarda, yüz maskesi ile yapılan erken dönem tedavinin, dentoalveolar ve iskeletsel yapılar üzerindeki etkisi literatürde geniş bir yer tutmaktadır (12, 22, 58, 59, 61, 131-134). Literatürde maksiller retrüzyona bağlı sınıf III maloklüzyona sahip hastalarının ortopedik yüz maskesi ile tedavisinde 5-15 yaş arasında çok geniş bir yaş aralığı tarif edilmekle birlikte erken yaşta tedavi edilen bireylerde daha iyi sonuçlar alındığı bildirilse de (135-137), bazı çalışmalar da pubertal atılım döneminde uygulanan tedavilerde anlamlı fark olmadığını vurgulamaktadır (138, 139). Çalışmamızda oluşturulan kranio-maksiller modelde de simulasyonun gerçek yapıyla maksimum uyumunun sağlanması adına; erişkin olmayan, adolesan bir bireye ait materyal özellikleri kullanılmıştır.

Çalışmamızda kullanılan modellerde şematize edilen materyallerle ilgili sonucun doğruluğunu ve güvenilirliğini etkileyecek bir diğer faktör ise homojenitedir. Özellikle kemik , mine ve dentin gibi dokular farklı yapısal konfigürasyonlar sergileyebilmektedir, bu tarz elemanlara anizotropik materyaller denir (115). Belirtilen dağılım farklılığı ile homojenitenin olmaması stres dağılımı ile gerilimsem etiklerin değerlendirilmesini olumsuz etkileyebilmektedir. Bu sebeple birçok çalışmada olduğu gibi bizim çalışmamızda da bu yapılar izotropik olarak kabul edilmiştir. Analiz yapılırken tüm elemanlar lineer ve homojen olarak simule edilmiştir (45, 103, 111, 114, 117, 118, 128, 140).

5.2.1. Minivida ve Plakların Modellemesi

Sınıf III maloklüzyonların tedavisinde iskeletsel ankraj için kullanılan miniplaklar rijit bir ankraj üzerinden kuvveti kranial yapılarla iletmek için kullanılmaktadırlar. Bu amaçla çalışmamızda çoğu klinik çalışmada da

(67, 68) kullanılan 3 vidayla yerleştirilen miniplaklar (Bollard, Tita-Link, Brüksel, Belçika) tercih edilmiştir. Her ne kadar farklı konfigürasyonda vidalar kullanılabilecek olsa da kuvvet aktarımı yeterli desteği sağlayan üç delikli vidalar optimum kabul edilmektedir. Bizim çalışmamızda bu sebeple 3 delikli fiksasyon kısmına sahip 21 mm uzunluğundaki miniplaklar modellenmiştir.

Ortodontik miniplakların fiksasyonunda sıklıkla monokortikal ve en az 4-5mm uzunluğunda olan vidalar tercih edilmektedir (67, 84, 141). Çalışmamızda ise literatürdeki diğer çalışmalardakine benzer şekilde 2.3 mm çapında ve 5mm'lik monokortikal self-tapping fiksasyon vidaları (Bollard, Tita-Link, Brüksel, Belçika) tercih edilmiştir.

Hybrid-hyrax modelinde palatinal bölgeye yerleştirilen minividalardan istenen temel özellik osseoentegre olmadan rijit bir ankraj sağlamasıdır. Literatürde palatinal bölgeye uygulanan minividalardan üzerinden maksiller protraksiyon ile ilgili çok az sayıda çalışma mevcuttur ve bu çalışmaların hepsinde 2 mm x 9 mm. 'lik vidalar kullanılmıştır. Bizim çalışmamızda da palatinal bölgeye yerleştirilen minividalardan da aynı şekilde 2 mm x 9 mm'lik monokortikal self-drilling minividalardan (Benefit Microimplants PSM Medical Co. Tuttlingen / Almanya) modellenmiştir.

5.2.2. Apareylerin ve Ortodontik Ataçmanların Modellenmesi

Hybrid – hyrax üzerinden uygulanan maksiller protraksiyonda kullanılan ekspansiyon apareyinin uzantıları klinik şartlarda genellikle palatinal bölgeye uyumlanan 0.043 inch'lik telden yapılmaktadır, palatinal bölgede bulunan ekspansiyon vidası ise 10 mm'lik konvasiyonel genişletme vidasıdır (142). Bizim çalışmamızda da klinik senaryoyu birebir taklit etmek amacıyla aynı apareylerin modellenmesi ile elde edilmişlerdir.

5.2.3. Dişlerin ve Periodontal Yapıların Modellenmesi

Dişlerin ve periodontal yapıların simüle edilmesi sadece bilgisayarlı tomografik radyograflardan elde edilen görüntüler baz alınarak yapılamamaktadır, çünkü görüntülerdeki atıfakt ve çözünürlük yeterli veriyi sağlamamaktadır. Bu amaçla dental yapıların modellenmesi safhasında morfolojik özellikler bu yapıların birebir modellerinin üç boyutlu tarayıcı ile elde edilen görüntülerinden faydalanılarak uygulanmıştır. Mine, dentin, sement ve periodontal ligament gibi yapıların özellikleri ise analize manuel olarak girilmiştir, burada referans alınan değerler daha önceki çalışmalarda tanımlanan değerler göz önüne alınarak uygulanmıştır (45, 122-124, 127, 140, 143, 144).

5.2.4. Modellemenin Tamamlanması

Maksiller kortikal kemik, süngerimsi kemik, dişler, periodontal ligament, minividalar, miniplaklar, bantlar ve ataçmanların modellenmesi ile elde edilen görüntülerin ayrı düzlemsel koordinatlarda olmaları sebebiyle bu yapıların hepsinin uygun bir şekilde birleştirilmesi gerekmektedir. Kranial ve dental yapıların elde edilen üç boyutlu sonlu elemanları gerçek morfolojisini yansıtacak şekilde uzaysal koordinat düzleminde olması gereken yerlere yerleştirilmiş ve sınır koşulları bu yeni tümleşik yapı üzerinden tekrar belirlenmiştir.

5.2.5. Sınır Koşullarının Belirlenmesi

Sınır koşulları özellikle uygulanan kuvvete bağlı oluşacak değişikliklerin hangi karakterde meydana geleceğini sınırlandırmaktadır. Sınır koşulları uygun olarak belirlenmezse elde edilen simülasyonda uzayda sınırsız rotasyon yada atipik yönlerde hareketler meydana gelebilmektedir. Bu amaçla sınır koşulları kranial bölge sabitlenerek her DOF (Degree of freedom)'da sıfır harekete sahip olacak şekilde sabitlendi ve bu şekilde her

model için ayrı ayrı sınır koşulları tespit edildi. Sınır koşullarının tespiti dikkatli bir şekilde kontrol edilerek olası hataların indirgenmesi amaçlanmıştır.

5.2.6. Simulasyon Kuvvetinin Uygulanması

Sınıf III iskeletsel maloklüzyonlarda maksiller protraksiyon amacıyla uygulanan kuvvetlerle ilgili literatüre bakıldığında 150 gram ile 1200 gram arasında değişen kuvvetlerin kullanıldığı görülmektedir (12, 19, 20, 63, 68, 69, 130, 145, 146). De Clerk ve ark. 150 gram ile başladıkları maksiller protraksiyona üçüncü ayda 250 gramlık kuvvet ile devam etmişler ve tedavi sonunda kontrol grubuyla kıyaslandığında maksillanın ortalama 4 mm'lik öne doğru hareket ettiğini rapor etmişlerdir. Enacar ve ark. (22) ise 400 gram'lık protraksiyon kuvvetiyle maksillanın öne doğru 4 mm hareket ettiği ve 3 mm'de aşağı doğru yer değiştirdiğini söylemişlerdir. Ngan ve ark. (71) maksiller retrüzyona bağlı sınıf III maloklüzyona sahip hastalara modifiye yüz maskesi uygulamışlardır. Uygulanan kuvvet oklüzal düzlemin 30 derece kadar altından geçecek şekilde olup her iki taraf için de ortalama 380 gram olacak şekildedir. Tedavi sonucunda ise kontrol grubuyla kıyasla tedavi grubunda ortalama 6.1 mm overjet artışı elde edilmiştir. Lee ve ark. (118) ise maksiller retrüzyona sahip sınıf III maloklüzyonun modellendiği sonlu elemanlar analizinde bilateral olarak 500 gramlık kuvvet kullanmışlardır. Benzer şekilde Yan ve ark. da aynı şekilde sonlu elemanlar analiziyle yaptıkları çalışmada 500 gram'lık kuvvet kullanmışlardır. Buna göre bizde çalışmamızda da en sık kabul gören kuvvet 500 gramlık kuvvet uygulaması yapılmıştır.

Uygulanan kuvvetin sadece miktarı değil aynı zamanda doğrultusu da önemlidir. Literatüre baktığımızda bu konu ile ilgili genel bir fikir birliği mevcuttur ve genellikle uygulanan kuvvet oklüzal düzlemin 20-30 derece altından geçecek şekildedir (20, 65, 145, 147-150). Çalışmamızda bu konuyla uyumlu olacak şekilde uygulanan kuvvet oklüzal düzlemin 30 derece altından geçecek yönlendirilmiştir.

Literatürdeki maksiller protraksiyon çalışmaları incelendiğinde önemli noktalardan bir diğerinin de kuvvetin uygulanma noktası olduğu görülmektedir. Hickam ve ark. maksillanın saat yönünün tersine rotasyonunu engellemek için kuvveti kanin dişleri hizasından uygularken (151), Tanne ve ark. ise kuvvetin maksiller molar dişler hizasından geçmesi gerektiğini savunmuşlardır (122, 140), Gautam ve ark. 'nın maksiller protraksiyonu simule ettikleri sonlu elemanlar analizi çalışmasında ise yine benzer şekilde kuvvet kanin dişleri hizasından geçecek şekilde uygulanmıştır (45). Kambara, maksiller protraksiyon sırasında maksillanın saat yönünün tersine olan hareketini sınırlamak ve miktarını azaltmak için kuvvetin uygulama noktasının mümkün olduğu kadar frontal düzleme yakın ön bölgelerden uygulanması gerektiğini vurgulamışlardır (49). Araştırmamızda diğer çalışmalardan farklı bir model kullanıldığı için MP modelinde molar dişleri hizasından geçecek bir kuvvet uygulanırken, HH modelinde ise direkt olarak maksiller molar dişin üzerindeki bant üzerinden kuvvet uygulanmıştır.

5.3. Bulgular

5.3.1. Nazomaksiller Kompleks ve Alveoler Kemikte Meydana Gelen Değişiklikler

Hybrid-Hyrax apareyi üzerinden kuvvetin uygulanması ile en fazla Von Misses gerilmesi 0.078 MPa ile ankraj alınan molar dişler çevresinde meydana gelmiştir. İnfrazygomatik kret üzerinden uygulanan protraksiyon modelinde ise alveoler kemikte neredeyse hiç gerilme kuvveti izlenmemiştir. Bu sonuç HH modelinde uygulanan kuvvetin bir kısmının maksiller molar üzerindeki bantlar aracılığıyla dentisyona iletilmesinden kaynaklı oluşmuş olduğu düşünülmektedir. Elde ettiğimiz sonuçlar Tanne ve ark. yapmış olduğu çalışmayla benzer şekildedir (143).

Nazomaksiller komplekste en fazla maksimum asal gerilme HH modelinde maksiller molar dişlere komşu alveoler kemikte ve alveoler proseslerin lateral duvarları ile pterygomaksiller sutureda meydana gelmiştir.

MP modelinde ise maksiller kemiğin zygomatik prosesine yakın alanda, infrazygomatik bölgede ve pterygomaksiller süturda meydana gelirken, özellikle plakların uygulandığı alanda yoğunlaşan gerilmeler, periferel dağılım gösterirken azalmaktadır. Bu sonuçlar ise HH modelinde kuvvetin MP modeline göre dentoalveoler yapılarda yoğunlaştığını göstermektedir. Kuvvetin yoğunlaştığı alanlara dikkat edilirse HH ile maksiller protraksiyonda dental yapılar üzerinde de etkiler oluşturacağı öngörülebilir.

Nazomaksiller komplekste minimum asal gerilme en az MP modelinde maksiller kemiğin zygomatik prosesine yakın alanda, infrazygomatik bölgede ve pterygomaksiller süturda meydana gelmiştir. Minimal oranda ise, apertura nazalisin lateral duvarları ile maksillanın frontal proseslerinde gözlenmiştir, HH modelinde ise en az maksiller molarları çevreleyen alveoler kemikte , premolar dişlerin palatinalindeki alveoler kemikte ve apertura nazalisin çevresinde periferel doğru azalacak şekilde meydana gelmiştir. Bu bulgular ise gerilme oranını gösteren minimum asal streslerin MP modelinde zygomatik prosese yakın alanlarda sıkıştırma meydana getirdiğini. HH modelinde ise molar dişlerin çevresinde sıkışma oluşturduğunu göstermektedir.

Yer değiştirme değerleri incelendiğinde, MP modelinde sagittal yönde en fazla yer değiştime maksillada plakların uygulandığı kısımda, pterygomaksiller süturda ve frontomaksiller proses bölgesinde meydana gelirken, HH modelinde sagittal yönde en fazla yer değiştime maksiller molarları çevreleyen alveoler kemik ve çevre yapılarda izelenmiştir. Sagittal yöndeki yer değiştirme miktarları kıyaslandığında MP modelinde özellikle maksiller bazal kemikte hareket oluşurken HH modelinde daha çok dentisyonda anterior doğrultuda bir hareket meydana gelmiştir. Hareket miktarları değerlendirildiğinde MP ile maksiller protraksiyonda daha çok iskeletsel etki oluşacağı ve bunun sınıf III maloklüzyonun tedavisinde avantaj yaratacağı söylenebilir.

Transvers yönde lateral doğrultuda MP modelinde en fazla yer değiştirme plakların uygulandığı zygomatik arkın inferior bölgesinde ve zygomatik arkın dış kısımlarında görülürken, HH modelinde ise en fazla yer değiştirme maksiller molarları çevreleyen alveoler kemikte ve zygomatik arkın dış kısımlarında izlenmiştir. İki modelin transvers verileri incelendiğinde her ne kadar rijit bir ekspansiyon apareyi kullanılmış olsa da HH modelinde MP modeline göre bir miktar transvers hareketin meydana gelmiştir. Bu hareket her ne kadar sınıf III maloklüzyonun düzeltiminde bir dezavantaj oluşturmaya da tedavi sırasında molarların kontrolünde güçlük oluşturabilir.

Dikey yönde ise, MP modelinde en fazla yer değiştirme frontomaksiller süturda ve anterior premaksiller bölgede superior doğrultuda görülürken, posteriorda tüber bölgesi yukarı doğru yer değiştirmiştir, HH modelinde ise inferior doğrultuda en fazla yer değiştirme anterior premaksiller bölgede superior doğrultuda görülürken, posteriorda tüber bölgesi yukarı doğru yer değiştirmiştir. Dikey yönde her iki modelde de anterior bölgede premaksillanın yukarı yönde yer değiştirmesi ve posteriorda tüber maksillanın aşağı doğru yer değiştirmesi maksillanın saat yönünün tersine doğru anterior rotasyon yaptığını göstermektedir. Sınıf III hastaların tedavisinde kullanılan her iki apareyin benzer etkiyle maksillaya anterior rotasyon yaptırması overbite da azalmaya neden olup openbite ile sonuçlanabilir. Her iki modeldeki hareket miktarı kıyaslandığında ise MP grubunda bunun daha az gerçekleşeceği öngörülebilir. Kim ve ark. 'nın yapmış olduğu çalışmada miniplaklarla uygulanan maksiller protraksiyon modelinde de bizim çalışmamızdakine benzer şekilde maksillada anterior yönde hareket meydana gelirken, anterior rotasyon meydana gelmiştir (152).

5.3.2. Median Palatal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler

Median palatal süturda, MP grubunda Von Misses gerilmeleri homojen şekilde dağılım göstermektedir ve minimal seviyede, HH modelinde insisiv foramen bölgesinde heterojen olarak minimal seviyede

izlenmiştir. Bu sonuç HH modelinde uygulanan minividalardan kaynaklı olarak oluşmuş olabileceği düşünülmektedir.

Maksimum asal gerilme, MP modelinde homojen şekilde minimal seviyede dağılım göstermekte, HH modelinde en fazla en fazla minividaların uygulandığı bölgede ve incisiv foramen bölgesinde heterojen olarak meydana gelmiştir. En az ise posterior bölgede gözlemlenmiştir. Maksimum asal gerilmelerin HH modelinde homojen dağılımı HH grubunda palatinal bölgedeki minividaların etkisi sebebiyledir.

Minimum asal gerilme, homojen şekilde minimal seviyede dağılım göstermekte, HH modelinde en az minividaların uygulandığı bölgede ve incisiv foramen bölgesinde heterojen olarak meydana gelmiştir. En fazla ise posterior bölgede gözlemlenmiştir. Minimum asal gerilmelerin HH grubunda minividalar tarafından palatinal bölgeye iletilen sıkışma tarzında kuvvetlerden kaynaklanmaktadır.

Yer değiştirme değerleri incelendiğinde, her iki modelde de median palatal suturen ön kısmı yukarı doğru, posterior kısmı da maksilla ile birlikte inferior yönde hareket etmiştir. Transvers yönde bir değişiklik gözlemlenmezken, sagittal yönde anterior doğrultuda öne doğru yer değiştirme saptanmıştır. Elde edilen veriler maksillanın anterior hareketi sırasında öne doğru yapmış olduğu rotasyon sebebiyle olduğunu göstermektedir.

5.3.3. Nazomaksiller Süturda Meydana Gelen Değişiklikler

Nazomaksiller sutureda, MP modelinde ve HH modelinde Von Misses gerilmeleri en fazla maksiller kemiğe yakın olan superior bölgelerde meydana gelmiş, superiordan inferiora doğru ise azalma göstermiştir.

Maksimum asal gerilme, MP modelinde ve HH modelinde en fazla maksiller kemiğe yakın olan superior bölgede lokal bir alanda meydana gelmiştir.

Minimum asal gerilme, MP modelinde ve HH modelinde en az maksiller kemiğe yakın superior kısımlarında gözlemlenmiş ve inferiora doğru gidildikçe azalma göstermiştir. En az ise inferior sutural alanda izlenmiştir.

Yer değiştirme değerlerine bakıldığında, MP modelinde ve HH modelinde nazomaksiller sutureda vertikal yönde inferior doğrultuda hafif yer değiştirme saptanırken, transvers ve vertikal yönde belirgin değişiklik izlenmemiştir.

Nazomaksiller sutureda meydana gelen değişikliklerin her iki modelde de benzer olarak ortaya çıkması protraksiyon kuvvetinin oluşturduğu öne doğru olan kuvvet vektörü ve maksillanın anterior rotasyonundan kaynaklanmaktadır. Maksilla özellikle nazomaksiller suture ve frontomaksiller suture etrafında öne doğru rotasyon yapma eğilimindedir. Çalışmamızın sonuçları Gautam ve ark. ve Yan ve ark. yapmış oldukları çalışmalarda maksillanın nazomaksiller suture etrafında öne doğru rotasyon yapması sonucu ile uyumludur (45, 128).

5.3.4. Frontomaksiller Sutureda Meydana Gelen Değişiklikler

Frontomaksiller sutureda, MP modelinde ve HH modelinde Von Misses gerilmeleri en fazla medial sutureal alanlarda gözlenmiştir ve lateral sutureal alanlara gidildikçe hafif azalma gözlemlenmiştir.

Maksimum asal gerilme, MP modelinde ve HH modelinde en fazla median sutureal alanda meydana gelmiştir. Lateral sutureal alanlara gidildikçe maksimum asal gerilme değerlerinde azalma izlenmiştir.

Minimum asal gerilme, MP modelinde ve HH modelinde sütur boyunca homojen Şekilde dağılım göstermiştir. En az maksiller kemiğe komşu alanda minimum asal gerilmeler meydana gelmiştir.

Yer değiştirme değerlerine bakıldığında, MP modelinde ve HH modelinde frontomaksiller süturda vertikal yönde inferior doğrultuda hafif yer değiştirme saptanırken, transvers ve vertikal yönde belirgin değişiklik izlenmemiştir.

Frontomaksiller süturda meydana gelen değişikliklerin her iki modelde de benzer olarak ortaya çıkması protraksiyon kuvvetinin oluşturduğu öne doğru olan kuvvet vektörü ve maksillanın anterior rotasyonundan kaynaklanmaktadır. Maksilla özellikle nazomaksiller sütur ve frontomaksiller sütur etrafında öne doğru rotasyon yapma eğilimindedir. Çalışmamızın sonuçları Gautam ve ark. ve Yan ve ark. yapmış oldukları çalışmalarda maksillanın frontomaksiller sütur etrafında öne doğru rotasyon yapması sonucu ile uyumludur (45, 128).

5.3.5. Frontonazal Süturda Meydana Gelen Değişiklikler

Frontonazal süturda, MP modelinde ve HH modelinde Von Misses gerilmeleri en fazla medial sütural alanlarda gözlenmiştir ve lateral sütural alanlara gidildikçe hafif azalma gözlemlenmiştir.

Maksimum asal gerilme, MP modelinde ve HH modelinde en fazla median sütural alanda meydana gelmiştir. Lateral sutural alanlara gidildikçe maksimum asal gerilme değerlerinde azalma izlenmiştir.

Minimum asal gerilme, MP modelinde ve HH modelinde sütur boyunca homojen Şekilde dağılım göstermiştir. En az maksiller kemiğe komşu alanda minimum asal gerilmeler meydana gelmiştir.

Yer değiştirme değerlerine bakıldığında, MP modelinde ve HH modelinde frontonazal süturda vertikal yönde inferior doğrultuda hafif yer değiştirme saptanırken, transvers ve vertikal yönde belirgin değişiklik izlenmemiştir.

Frontonazal süturda meydana gelen değişikliklerin her iki modelde de benzer olarak ortaya çıkması protraksiyon kuvvetinin oluşturduğu öne doğru olan kuvvet vektörü ve maksillanın anterior rotasyonundan kaynaklanmaktadır. Maksilla özellikle frontonazal sütur ve frontomaksiller sütur etrafında öne doğru rotasyon yapma eğilimindedir. Çalışmamızın sonuçları Gautam ve ark. , Tanne ve ark. ve Yan ve ark. yapmış oldukları çalışmalarda maksillanın frontonazal sütur etrafında öne doğru rotasyon yapması sonucu ile uyumludur (45, 128, 143).

5.3.6. Zygomaticomaksiller Süturda Meydana Gelen Değişiklikler

Zygomaticomaksiller süturda, MP modelinde ve HH modelinde Von Misses gerilmeleri en fazla superior ve inferior kısımlardaki sütural alanlarda izlenirken, en az superior ve inferior sütural alanlar arasında kalan orta kısımda meydana gelmiştir.

Maksimum asal gerilme, MP modelinde ve HH modelinde en fazla superior ve inferior kısımların arasında kalan sütural alanda ve posterior-inferior bölgede izlenirken, en az superior ve inferior sütural alanlar arasında kalan orta sütural bölgede meydana gelmiştir. Maksimum asal gerilme değerleri kıyaslandığında MP modelinde HH modeline kıyasla daha fazla gerilme oluşması protraksiyon etkisinin MP modelinde daha fazla olduğunu ve kuvvetin özellikle maksillanın direnç merkezi olan zygomaticomaksiller stura daha etkili yönlendirildiği sonucunu göstermektedir. Bu ise maksillanın öne doğru yaptığđ rotasyon etkisinin daha az meydana geleceğini kanıtlar niteliktedir. Kim ve ark. yapmış olduğu çalışmada da çalışmamızdakine benzer şekilde zygomaticotemporal süturda gerilme tarzında kuvvet birikimlerinin oluşacağını göstermektedir (152).

Minimum asal gerilme, MP modelinde bütün sutural alanda homojen bir şekilde dağılım göstermektedir fakat sadece posterior-inferior bölgede minör azalma izlenmekteyken, HH modelinde superior ve inferior alanlar arasında kalan bölgede minör azalma göstermektedir. Minimum asal gerilmenin sıkışma olarak düşünürsek her iki modelde de zygomaticomaksiller sutureda sıkışma oluşacağı fakat bunun MP modelinde daha az meydana geleceğini göstermektedir.

Yer değiştirme değerlerine bakıldığında, MP modelinde ve HH modelinde zygomaticomaksiller sutureda transvers yönde lateral doğrultuda hafif yer değiştirme saptanırken, sagittal yönde öne doğru ve vertikal yönde ise aşağı doğru hareket ettiği izlenmiştir.

5.3.7. Zygomaticotemporal Sutureda Meydana Gelen Değişiklikler

Zygomaticotemporal sutureda, MP modelinde ve HH modelinde Von Misses gerilmeleri homojen bir dağılım göstermektedir fakat sadece superior ve inferior alanlar arasında kalan bölgede minör artış göstermektedir.

Maksimum asal gerilme, MP modelinde ve HH modelinde bütün sutural alanda homojen bir şekilde dağılım göstermektedir fakat sadece superior ve inferior alanlar arasında kalan bölgede minör artış göstermektedir.

Minimum asal gerilme, MP modelinde ve HH modelinde bütün sutural alanda homojen bir şekilde dağılım göstermektedir fakat sadece superior ve inferior alanlar arasında kalan bölgede minör azalma göstermektedir.

Yer değiştirme değerlerine bakıldığında, MP modelinde ve HH modelinde zygomaticotemporal sutureda transvers yönde lateral doğrultuda hafif yer değiştirme saptanırken, sagittal ve vertikal yönde belirgin değişiklik izlenmemiştir.

Elde edilen verilen her iki model için de zygomaticotemporal sutureda benzer etkiler oluşturacağı yönündedir.

5.3.8. Zygomaticofrontal Sutureda Meydana Gelen Değişiklikler

Zygomaticofrontal sutureda, MP modelinde ve HH modelinde Von Misses gerilmeleri homojen bir dağılım göstermektedir fakat sadece anterior alanda minör artış göstermektedir.

Maksimum asal gerilme, MP modelinde ve HH modelinde bütün sutural alanda homojen bir şekilde dağılım göstermektedir fakat sadece anterior bölgede minör artış göstermektedir.

Minimum asal gerilme, MP modelinde ve HH modelinde bütün sutural alanda homojen bir şekilde dağılım göstermektedir fakat sadece superior ve inferior alanlar arasında kalan bölgede minör azalma göstermektedir.

Yer değiştirme değerleri incelendiğinde, MP modelinde ve HH modelinde sagittal, vertikal ve transvers yönlerde minör yer değiştime izlenirken, belirgin bir hareket meydana gelmemiştir.

Elde edilen verilen her iki model için de zygomaticotemporal sutureda benzer etkiler oluşturacağı yönündedir.

5.3.9. Pterygomaksiller Sutureda Meydana Gelen Değişiklikler

Pterygomaksiller sutureda, MP modelinde ve HH modelinde Von Misses gerilmeleri en fazla superior kısımlarda zygomatic kemiğe ve pterygomaksiller fissura yakın alanlarda izlenirken, en az maksiller tuber bölgesine yakın inferior alanlarda görülmüştür. Pterygomaksiller suturedaki stres dağılımı homojen olmayıp heterojen bir yapıdadır ve medial bölgelerde lateral alanlara kıyasla daha fazla stres birikimi izlenmiştir.

Maksimum asal gerilme, MP modelinde ve HH modelinde en fazla superior kısımlarda zygomatik kemiğe ve pterygomaksiller fissura yakın alanlarda izlenirken, en az maksiller tuber bölgesine yakın inferior alanlarda görülmüştür. Pterygomaksiller süturdaki stres dağılımı homojen olmayıp heterojen bir yapıdadır ve medial bölgelerde lateral alanlara kıyasla daha fazla stres birikimi izlenmiştir.

Minimum asal gerilme, MP modelinde ve HH modelinde pterygomaksiller süturda heterojen dağılım göstermektedir. Süturun superior ve inferior alanlarında lokal alanlarda en az değerler izlenirken, bu bölgelerin arasında kalan kısımlarda daha fazladır. Benzer şekilde transvers yönde pterygomaksiller süturun lateral alanlarında minimum asal gerilme daha düşük değerler gösterirken, medial alanlarda daha yüksek değerlerde heterojen şekilde stres dağılımı izlenmektedir.

Yer değiştirme değerleri incelendiğinde, MP modelinde ve HH modelinde pterygomaksiller sütur sagittal yönde öne doğru yer değiştirdiği ve bu yer değiştirmenin de en fazla inferior bölümlerde olduğu, yukarı doğru çıkıldıkça sagittal hareketin azaldığı gözlemlenmiştir. Transvers yönde, lateral doğrultuda minör hareket izlenmiştir. Vertikal yönde ise, inferior doğrultuda hareket meydana gelirken bu yer değiştirme heterojen olarak özellikle sütural alanın alt bölgelerinde yoğunlaşmıştır.

Pterygomaksiller süturdaki Von Misses gerilmeleri, maksimum ve minimum asal gerilmeler ile yer değiştirme verilerinin her iki modelde de benzer olması maksiller protraksiyonun etkinliğinin aynı miktarda gerçekleşeceğini göstermektedir.

5.3.10. Maksiller Dentisyonda Meydana Gelen Değişiklikler

Maksiller dentisyonda, MP modelinde Von Misses değerleri, maksimum asal gerilme ve minimum asal gerilme verilerinin minimal değerlerde olması MP ile uygulanan tedavilerde maksiller dentisyon üzerinde

neredeyse hiçbir etki oluşmayacağını göstermektedir. Fakat HH modelinde özellikle maksiller molarlarda olmak üzere maksimum gerilme ve Von Misses değerlerinin izlenmesi dentisyonun protraksiyon kuvvetinden etkileneceği yönündedir.

Yer değiştirme verileri incelendiğinde, MP modelinde maksiller dentisyonda neredeyse bütün dişlerin benzer miktarda anteriora doğru yer değiştirdiği ve kron-kök bazında bakıldığında tüm dişlerin kronlarının köklerine oranla daha fazla öne doğru yer değiştirdiği görülmüştür. Buna karşın HH modelinde dental yapılar üzerinde heterojen değişiklikler meydana gelmiştir. Total olarak en fazla yer değiştirme gösteren diş maksiller birinci molarlar anteriora doğru gidildikçe yer değiştirme değerleri azalmakta ve keserler en az yer değiştirme gösteren dişler olarak bulunmuştur.

X ekseninde, en fazla yer değiştiren sırasıyla maksiller birinci moların mesiobukkal tüberkülü, maksiller birinci moların mesiopalatinal tüberkülü ve ikinci premoların distomarjinal kenarıdır.

Y ekseninde, en fazla yer değiştirme sırasıyla maksiller birinci moların bukkal tüberkülleri, ikinci molarların distal tüberkülleri ve ikinci premolar dişlerin palatinal tüberküllerinde gözlenmiştir.

Z ekseninde ise, en fazla yer değiştirme sırasıyla maksiller ikinci molar dişlerin distobukkal tüberkülleri, maksiller ikinci moların distopalatinal tüberkülleri ve maksiller birinci molar dişlerin distobukkal tüberküllerinde izlenmiştir. Dental yapılardaki bu yer değiştirme verileri incelenirken maksillanın protraksiyon etkisi rotasyonel yer değiştirmesi ve öne doğru hareketi nedeniyle dikkatli olunmalıdır.

5.3.11. Apareyde Meydana Gelen Değişiklikler

Maksiller birinci molar dişler üzerinde yer alan molar bantların bukkal yüzeylerinde Von Misses gerilmelerinde yoğunlaşma izlenmiştir ve bu

yoğunlaşma palatinal bölgeye doğru gidildikçe azalmış fakat apareyin palatinalde yer alan birleşim alanlarında tekrar stres dağılımında artış meydana gelmiştir. Maksiller molarlardaki bantların bukkal yüzeyindeki gerilme tarzındaki kuvvetler bu bölümlerde zayıflamaya sebep olup deformasyonla sonuçlanabilir ve klinik şartlarda desimantasyona neden olabilir. Literatüre bakıldığında çalışmamıza benzer herhangi bir çalışma olmadığından sonuçların karşılaştırılması mümkün olmamıştır.

Palatinal bar bileşeninde, molar dişlerdeki bantlardan itibaren stres dağılımında artış görülmekte ve orta kısımlara gelindiğinde azalma ile devam etmektedir fakat palatinal barların ekspansiyon vidası ile birleşme kısımlarında Von Misses gerilmelerinde hafif artış ile geçiş göstermektedir. Apareyin özellikle ekspansiyon vidasına bağlanan kısımlarında kuvvetin yoğunlaşması bu kısımlarda kırılmaya neden olabileceği gibi plastik deformasyonla da sonuçlanabilir.

Minividalar ile birleşim alanlarında, kuvvet özellikle ekspansiyon vidasından başlayarak homojen artış izlenmektedir. Stres dağılımı genel olarak birleşim alanlarında yoğunlaşmaktadır. Minividalar ve ekspansiyon vidası bağlantısının hassasiyeti burada önem kazanmaktadır çünkü yerleştirilen minividalar ile bağlantı zayıfladığı takdirde ankraj kaybına hatta tedavide başarısız sonuçlara da neden olabilir.

5.3.12. Miniplak ve Minividalarda Meydana Gelen Değişiklikler

MP modelinde miniplaklara kuvvet yüklemesi ile birlikte, Von Misses gerilmesi ağız içerisine açılan boyun kısımdan başlamak üzere ikinci minividanın uygulandığı seviyeye kadar artarak devam etmiştir. Kuvvetin en fazla yoğunlaştığı alan inferiorda kalan vidayı çevreleyen miniplak bölümü ve vidanın boynudur.

Miniplağın, en superiordaki kısmı en az gerilime maruz kalan alan olmuştur, en üstte yer alan bu kısımda Von Misses gerilmeleri özellikle minividayı çevreleyen plakta yoğunlaşmıştır.

Elde edilen veriler göstermektedir ki miniplakların fiksasyonunda kullanılan özellikle en altta kalan fiksasyon vidasında aşırı kuvvet birikimleri olabilmektedir ve bu da fiksasyon vidasının kaybına neden olabilecek kadar fazladır. Bir diğer husus ise kullanılan fiksasyon vidası sayısıdır, De Clerk ve ark. yapmış olduğu çalışmada maksillaya uygulanan vida sayısının en az üç adet olması gerektiğini vurgulamışlardır (83, 148), bizim çalışmamızda da buna uyumlu olacak şekilde üç adet fiksasyon vidası kullanılmıştır. İki adet fiksasyon vidası kullanıldığı takdirde kuvvetin vidalar arasındaki dağılımı daha kritik olacaktır ve bu da tedavi etkinliğini indirekt olarak etkileyecektir.

Miniplaklar ve minividalar ile ilgili bir diğer önemli nokta da uygulanma zamanıdır, özellikle kemik maturasyonu ve sürmemiş diş germlerinde oluşabilecek olası hasarları önlemek için minimum alt yaş sınırının 11-12 yaş olduğu öne sürülmektedir (4, 148). Kemik maturasyonun yetersiz seviyede olması ve özellikle kortikal kemik miktarının azalması mini vidaların ve fiksasyon vidalarının başarısını olumsuz etkilemektedir.

6.SONUÇLAR

Maksiller retrognatiye bağlı iskeletsel sınıf III maloklüzyonlarda kullanılan hybrid-hyrax ve miniplak destekli maksiller protraksiyon ile oluşan etkilerin üç boyutlu sonlu elemanlar analizi ile incelendiği çalışmamızda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

Miniplak modelinde, fiksasyon vidaları etrafında başarısızlığa sebep olabilecek kadar stress birikimleri gözlemlenmezken, hbrid-hyrax modelinde palatine uygulanan vidaların etrafında önemli derecede stress birikimleri saptanmıştır.

Bulgular ışığında, maksiller protraksiyon amacıyla kullanılacak miniplakların en az iki vida ile stabilize edilmesi gerektiği söylenebilir.

Hybrid – hyrax ya da miniplak destekli maksiller protraksiyon sirkummaksiller süturlarda yeterli stimulasyonu oluşturabildiği için sınıf III iskeletsel maloklüzyonların tedavisinde kullanılabilir.

Hybrid – hyrax ile elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, apareyin kullanımı ile dental yapılardan da destek alındığı için dişlerde de mezializasyon ve rotasyon başta olmak üzere istenmeyen etkiler oluşabilmektedir.

Miniplak ile maksiller protraksiyonda ankraj direkt olarak iskeletsel yapıdan alındığı için dental yapılarda neredeyse hiç etki oluşurmamaktadır.

Hybrid-hyrax ve miniplak destekli maksiller protraksiyonda kuvvetin yönü tam olarak direnç merkezinden geçmediği için maksillada anterior hareket sırasında saat yönünün tersine rotasyon hareketi gerçekleşmiştir, fakat rotasyon hareketi miniplak modelinde daha az meydana gelmiştir. Bu da ön açık kapanışa sahip hastalarda miniplakların avantaj oluşturacağını göstermektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Angle EH. Classification of malocclusion. *Dental Cosmos*, 1899;41(3):248-64.
2. Ackerman JL, Proffit WR. The characteristics of malocclusion: a modern approach to classification and diagnosis. *Am J Orthod*, 1969;56(5):443-54.
3. Ackerman JL, Proffit WR, Sarver DM, Ackerman MB, Kean MR. Pitch, roll, and yaw: describing the spatial orientation of dentofacial traits. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2007;131(3):305-10.
4. William R Proffit HF. *Contemporary Orthodontics, 5th ed: Mosby Pub*; 2012. 204-8 p.
5. Guyer EC, Ellis III EE, McNamara Jr JA, Behrents RG. Components of Class III malocclusion in juveniles and adolescents. *Angle Orthod*, 1986;56(1):7-30.
6. Ellis E, McNamara JA. Components of adult Class III malocclusion. *J Oral Maxillofac Surg*, 1984;42(5):295-305.
7. Ülgen M, Yolalan C. Angle Kl. III Anomalilerin Cohen Sefalometrik Analizi ile İncelenmesi. *Turk J Orthod*, 1988;1(1):1-6.
8. Angle EH. Some studies in occlusion. *Angle Orthod*, 1968;38(1):79-81.
9. Soh J, Sandham A, Chan YH. Occlusal status in Asian male adults: prevalence and ethnic variation. *Angle Orthod*, 2005;75(5):814-20.
10. Hardy DK, Cubas YP, Orellana MF. Prevalence of angle class III malocclusion: a systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2012;143(4).
11. James A McNamara WLB, Vincent G Kokich. *Orthod Dentofac Orthop*, 1 ed: Needham Press 2001.
12. Jackson GW, Kravitz ND. Expansion/Facemask Treatment of an Adult Class III Malocclusion. *Case Rep Dent*, 2014;2014:270257.
13. Chan EK, Soh J, Petocz P, Darendeliler MA. Esthetic evaluation of Asian-Chinese profiles from a white perspective. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2008;133(4):532-8.
14. Arun T, Nalbantgil D, Sayinsu K. Orthodontic treatment protocol of Ehlers-Danlos syndrome type VI. *Angle Orthod*, 2006;76(1):177-83.
15. Hamway TA, Pangrazio-Kulbersh V. Surgical correction of skeletal Class III malocclusions using cranial base length (corrected and uncorrected) as a reference. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*, 1995;10(1):27-33.
16. Kocadereli I. Early orthopedic treatment for Class III skeletal pattern. *ASDC J Dent Child*, 1998;65(3):177-81.
17. Zhang X, Su X. Effect of extraoral facemask appliance in 48 cases of malocclusion and dentofacial deformity in class III. 1993;15(5):360-3.
18. Kurt G, Uysal T, Yagci A. Soft and hard tissue profile changes after rapid maxillary expansion and face mask therapy. *World J Orthod*, 2010;11(4):e10-8.
19. Esenlik E, Aglarci C, Albayrak GE, Findik Y. Maxillary protraction using skeletal anchorage and intermaxillary elastics in Skeletal Class III patients. *Korean J Orthod*, 2015;45(2):95-101.

20. Kircelli BH, Pektas ZO, Uckan S. Orthopedic protraction with skeletal anchorage in a patient with maxillary hypoplasia and hypodontia. *Angle Orthod*, 2006;76(1):156-63.
21. Wilmes B, Olthoff G, Drescher D. Comparison of skeletal and conventional anchorage methods in conjunction with pre-operative decompensation of a skeletal class III malocclusion. *J Orofac Orthop*, 2009;70(4):297-305.
22. Enacar A, Giray B, Pehlivanoglu M, Iplikcioglu H. Facemask therapy with rigid anchorage in a patient with maxillary hypoplasia and severe oligodontia. *Am J Orthod. Dentofacial Orthop*, 2003;123(5):571-7.
23. Sanborn RT. Differences Between the Facial Skeletal Patterns Of Class III Malocclusion and Normal Occlusion. *Angle Orthod*, 1955;25(4):208-22.
24. Wu TF PC, Lin JJ. Components of class III malocclusion in Chinese young adults. *Clin Dent*, 1986;6:233-41.
25. Lee W Graber RV. *Orthodontics Current Principles and Techniques*. 5th ed: Mosby; 2011.
26. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA, editors. Growth in the untreated Class III subject. *Semin Orthod*, 2007: Elsevier.
27. Baccetti T, Reyes BC, McNamara JA, Jr. Gender differences in Class III malocclusion. *Angle Orthod*, 2005;75(4):510-20.
28. Reyes BC, Baccetti T, McNamara JA, Jr. An estimate of craniofacial growth in Class III malocclusion. *Angle Orthod*, 2006;76(4):577-84.
29. Kaya D, Taner TU. Management of an Adult with Spaced Dentition, Class III Malocclusion and Open-bite Tendency. *Eur J Dent*, 2011;5(1):121-9.
30. Farronato G, Giannini L, Riva R, Galbiati G, Maspero C. Correlations between malocclusions and dyslalias. *Eur J Paediatr Dent*, 2012;13(1):13-8.
31. Carlson DS. Evolving concepts of heredity and genetics in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2015;148(6):922-38.
32. Moreno Uribe LM, Miller SF. Genetics of the dentofacial variation in human malocclusion. *Orthod Craniofac Res*, 2015;18 Suppl 1:91-9.
33. Proffit WR, Fields HW, Jr., Moray LJ. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment need in the United States: estimates from the NHANES III survey. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*, 1998;13(2):97-106.
34. Lew K, Foong W, Loh E. Malocclusion prevalence in an ethnic Chinese population. *Aust Dent. J*, 1993;38(6):442-9.
35. Gelgör I, Karaman A, Ercan E. Prevalence of malocclusion among adolescents in central anatolia. *Eur J Dent*, 2007;1(3):125-31.
36. Celikoglu M, Akpınar S, Yavuz I. The pattern of malocclusion in a sample of orthodontic patients from Turkey. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 2010;15(5):e791-6.
37. Xu Y, Hu J, Li P. The effects of twin-block magnetic appliance on the early skeletal Class III malocclusion. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*, 1999;34(3):148-50.
38. Grabb WC, Hodge GP, Dingman Ro, Oneal RM. The Habsburg jaw. *Plast Reconst Surg*, 1968;42(5):422-45.
39. Lippi D, Pierleoni F, Franchi L. Retrognathic maxilla in “Habsburg jaw”. *Angle Orthod*, 2012;82(3):387-95.
40. Xue F, Wong R, Rabie A. Genes, genetics, and Class III malocclusion. *Orthod Craniofac Res*, 2010;13(2):69-74.

41. Brodie AG. Treatment of Class III Malocclusion. *Angle Orthod*, 1932;2(4):219-34.
42. McNamara JA, Jr., Hulse SA. The functional regulator (FR-3) of Frankel. *Am J Orthod*, 1985;88(5):409-24.
43. Nanda RS, Dandajena TC. The Role of the Headgear in Growth Modification. *Semin Orthod*, 2006;12(1):25-33.
44. Southard TE, Marshall SD, Allareddy V, Moreno Uribe LM, Holton NE. An evidence-based comparison of headgear and functional appliance therapy for the correction of Class II malocclusions. *Semin Orthod*, 2013;19(3):174-95.
45. 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):361-6.
46. Dellinger EL. A preliminary study of anterior maxillary displacement. *Am J Orthod*, 1973;63(5):509-16.
47. Ciaburro H, Dupont C, Prévost Y, Cloutier GE. Forward traction in the correction of retrodisplaced maxilla. *Can Med Assoc J*, 1973;108(12):1511-4.
48. Irie M, Nakamura S. Orthopedic approach to severe skeletal Class III malocclusion. *Am J Orthod*, 1975;67(4):377-92.
49. Kambara T. Dentofacial changes produced by extraoral forward force in the *Macaca irus*. *Am J Orthod*, 1977;71(3):249-77.
50. Nanda R. Protraction of maxilla in rhesus monkeys by controlled extraoral forces. *Am J Orthod*, 1978;74(2):121-41.
51. Jackson GW, Kokich VG, Shapiro PA. Experimental and postexperimental response to anteriorly directed extraoral force in young *Macaca nemestrina*. *Am J Orthod*, 1979;75(3):318-33.
52. Nanda R. Biomechanical and clinical considerations of a modified protraction headgear. *Am J Orthod*, 1980;78(2):125-39.
53. Delaire J. Confection du masque orthopedique. *Rev Stomat Paris*, 1971;72:579-84.
54. Petit H. Ortopadie et/ou ortodontie *Orthod Fr* 1984; 55: 527-533
55. "alınmıştır" McNamara JA Jr, Brudon WL, Kokich VG. *Orthod and Dentofac Orthop*, Ann Arbor Michigan: Needman. 2002:85-395.
56. Petit HP. Syndromes prognathiques: schémas de traitement "global" autour de masques faciaux. *Revue d'Orthopédie Dento-Faciale*, 1982;16(4):381-411.
57. Graber TM, Rakosi T, Petrovic AG. *Dentofac Orthop with Func Applic*, 1997
58. Graber LW. Chin cup therapy for mandibular prognathism. *Am J Orthod*, 1977;72(1):23-41.
59. Aglarci C, Esenlik E, Findik Y. Comparison of short-term effects between face mask and skeletal anchorage therapy with intermaxillary elastics in patients with maxillary retrognathia. *Eur J Orthod*. 2016;38(3):313-23.
60. Aileni KR, Rachala MR. Early treatment of class III malocclusion with Petit facemask therapy. *Int J Orthod Milwaukee*. 2011;22(4):41-5.
61. Hong H, Ngan P, Han G, Qi LG, Wei SH. Use of onplants as stable anchorage for facemask treatment: a case report. *Angle Orthod*, 2005;75(3):453-60.
62. 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):639-46.

62. Ahn HW, Baek SH. Skeletal anteroposterior discrepancy and vertical type effects on lower incisor preoperative decompensation and postoperative compensation in skeletal Class III patients. *Angle Orthod*, 2011;81(1):64-74.
63. Amini F, Poosti M. A new approach to correct a Class III malocclusion with miniscrews: a case report. *J Calif Dent Assoc*, 2013;41(3):197-200.
64. Cacciafesta V, Bumann A, Cho HJ, Graham JW, Paquette DE, Park HS, et al. Skeletal anchorage, part 1. *J Clin Orthod*, 2009;43(5):303-17.
65. Kokich VG, Shapiro PA, Oswald R, Koskinen-Moffett L, Clarren SK. Ankylosed teeth as abutments for maxillary protraction: a case report. *Am J Orthod*. 1985;88(4):303-7.
66. Singer SL, Henry PJ, Rosenberg I. Osseointegrated implants as an adjunct to facemask therapy: a case report. *Angle Orthod*, 2000;70(3):253-62.
67. 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.
68. 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):577-81.
69. Cha B-K, Choi D-S, Ngan P, Jost-Brinkmann P-G, Kim S-M. Maxillary protraction with miniplates providing skeletal anchorage in a growing Class III patient. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2011;139(1):99-112.
70. Sar C, Arman-Ozcirpici A, Uckan S, Yazici AC. Comparative evaluation of maxillary protraction with or without skeletal anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2011;139(5):636-49.
71. Ngan P, Wilmes B, Drescher D, Martin C, Weaver B, Gunel E. Comparison of two maxillary protraction protocols: tooth-borne versus bone-anchored protraction facemask treatment. *Prog Orthod*, 2015;16:26.
72. Fränkel R, editor Maxillary retrusion in Class 3 and treatment with the function corrector 3. *Report of the congress European Orthodontic Society*; 1970.
73. Aytan S, Yukay F, Cigler S, Enacar A, Aksoy A, Telli AE. [Frankel III appliance]. *Turk Ortodonti Derg*. 1989;2(2):338-45.
74. Eirew HL, McDowell F, Phillips JG. The function regulator of Frankel. *Int J Orthod*, 1979;17(2):12-8.
75. Erverdi N, Nokay S. [Frankel III appliance and clinical treatment]. *Turk Ortodonti Derg*. 1989;2(2):346-50.
76. Jefferson Y. Functional appliances and functional regulators. *Gen Dent*. 1998;46(5):458-65.
77. Yan BX, Wang XD, Zhou YH. Treatment effectiveness of the Frankel function regulator on Class III malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2015;147(1):9.
78. Yang KH. Frankel appliance type III: correct fabrication and case report of skeletal Class III malocclusion. *J Clin Pediatr Dent*. 1996;20(4):281-92.
79. Harvold EP. Morphogenetic response to activator treatment. *Am J Orthod*, 1971(60):478.
80. Loh M, Kerr W. The Function Regulator III: effects and indications for use. *British J Orthod*, 1985;12(3):153-7.
81. Kerr W, Tenhave T. A comparison of three appliance systems in the treatment of Class III malocclusion. *Eur J Orthod*, 1988;10(1):203-14.

82. Ülgen M, Firatli S. The effects of the Fränkel's function regulator on the Class III malocclusion. *Am J Orthod. Dentofacial Orthop*, 1994;105(6):561-7.
83. Abu Alhaija ES, Al-Khateeb SN, Al-Nimri KS. Prevalence of malocclusion in 13-15 year-old North Jordanian school children. *Community Dent Health*, 2005;22(4):266-71.
84. De Clerck H, Nguyen T, de Paula LK, Cevidanes L. Three-dimensional assessment of mandibular and glenoid fossa changes after bone-anchored Class III intermaxillary traction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2012;142(1):25-31.
85. Deguchi T, Kuroda T, Hunt NP, Graber TM. Long-term application of chin cup force alters the morphology of the dolichofacial Class III mandible. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1999;116(6):610-5.
86. Hunter J. The natural history of the human teeth: J Johnson; 1778.
87. Weinberger BW. Orthodontics: an historical review of its origin and evolution: CV Mosby Company; 1926.
88. Thilander B. Treatment of Angle Class III malocclusion with chin cap. *Trans Eur Orthod Soc*. 1963;39:384-98.
89. Graber T, Chung D, Aoba J. Dentofacial orthopedics versus orthodontics. *J Am Dent Assoc*. 1967;75(5):1145-66.
90. Wendell PD, Nanda R, Nakamura S. The effects of chin cup therapy on the mandible: A longitudinal study. *Am J Orthod*. 1985;87(4):265-74.
91. Chatzoudi MI, Ioannidou-Marathiotou I, Papadopoulos MA. Clinical effectiveness of chin cup treatment for the management of Class III malocclusion in pre-pubertal patients: a systematic review and meta-analysis. *Prog Orthod*. 2014;15:62.
92. Bell WH, Ferraro JW. Modern Practice in Orthognathic and Reconstructive Surgery. *Plast Reconst Surg*. 1993;92(2):362.
93. Lee CH, Park HH, Seo BM, Lee SJ. Modern trends in Class III orthognathic treatment: A time series analysis. *Angle Orthod*. 2016.
94. Obwegeser H. [New methods of alveolar crest plastic surgery]. *Osterr Z Stomatol*. 1954;51(11):592-6.
95. Trauner R, Obwegeser H. The surgical correction of mandibular prognathism and retrognathia with consideration of genioplasty: Part I. Surgical procedures to correct mandibular prognathism and reshaping of the chin. *Oral Surg, Oral Med, Oral Path*. 1957;10(7):677-89.
96. Peterson LJ, Ellis E, Hupp JR, Tucker MR. Contemporary oral and maxillofacial surgery: Mosby St. Louis, MO; 1988.
97. Michael Miloro GG, Peter Larsen, Peter Waite. Peterson's Principles of Oral and Maxillofacial Surgery. Third ed: PMPH Pub. ; 2011 2011.
98. Buchanan EP, Hyman CH. LeFort I Osteotomy. *Semin Plast Surg*, 2013;27(3):149-54.
99. Wirthlin JO, Shetye PR, editors. Orthodontist's Role in Orthognathic Surgery. *Semin Plast Surg*, 2013: Thieme Medical Publishers.
100. Burns NR, Musich DR, Martin C, Razmus T, Gunel E, Ngan P. Class III camouflage treatment: what are the limits? *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010;137(1):9 e1-9 e13; discussion 9-1.
101. Bishara SE. Textbook of orthodontics. 2001.
102. Chaques Asensi J. [Limiting factors in the class III camouflage treatment: a potential protocol]. *Orthod Fr*. 2016;87(2):205-28.

103. Geramy A. Initial stress produced in the periodontal membrane by orthodontic loads in the presence of varying loss of alveolar bone: a three-dimensional finite element analysis. *Eur J Orthod*, 2002;24(1):21-33.
104. Oppenheim A. Tissue changes, particularly of the bone, incident to tooth movement. *Eur J Orthod*, 2007;29(suppl 1):i2-i15.
105. Hay G. The equilibrium of a thin compressible membrane with application to the periodontal membrane. *Can J Res*. 1939;17(7):123-40.
106. Caputo AA, Chaconas SJ, Hayashi RK. Photoelastic visualization of orthodontic forces during canine retraction. *Am J Orthod*, 1974;65(3):250-9.
107. Burstone CJ, Pryputniewicz RJ. Holographic determination of centers of rotation produced by orthodontic forces. *Am J Orthod*, 1980;77(4):396-409.
108. Reddy JN. An introduction to the finite element method: *McGraw-Hill* New York; 1993.
109. Lin WJ, Zou M, Liu XL, Zheng YY. [A three-dimensional 3-D finite element study on direction of maxillary protraction]. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue*. 2010;19(5):475-9.
110. Liu C, Zhu X, Zhang X. Three-dimensional finite element analysis of maxillary protraction with labiolingual arches and implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2015;148(3):466-78.
111. 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. *Br J Orthod*, 1994;21(4):343-8.
112. Moon W, Wu KW, MacGinnis M, Sung J, Chu H, Youssef G, et al. The efficacy of maxillary protraction protocols with the micro-implant-assisted rapid palatal expander (MARPE) and the novel N2 mini-implant-a finite element study. *Prog Orthod*, 2015;16:16.
113. Roberts WE, Viecilii RF, Chang C, Katona TR, Paydar NH. Biology of biomechanics: Finite element analysis of a statically determinate system to rotate the occlusal plane for correction of a skeletal Class III open-bite malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2015;148(6):943-55.
114. Hughes TJ. The finite element method: linear static and dynamic finite element analysis: *Courier Corporation*; 2012.
115. Morse PM, Feshbach H. Methods of theoretical physics: *McGraw-Hill*, New York; 1953.
116. Koriath T, Versluis A. Modeling the mechanical behavior of the jaws and their related structures by finite element (FE) analysis. *Crit Rev Oral Bio Med*, 1997;8(1):90-104.
117. 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):723-8.
118. 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):345-51.
119. Yoshikawa D, Burstone C, Goldberg A, Morton J. Flexure modulus of orthodontic stainless steel wires. *J Dent Res*, 1981;60(2):139-45.

120. İşeri 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):347-56.
121. Yoshida N, Jost-Brinkmann P-G, Koga Y, Mimaki N, Kobayashi K. Experimental evaluation of initial tooth displacement, center of resistance, and center of rotation under the influence of an orthodontic force. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2001;120(2):190-7.
122. 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. *J Biomed Engin*, 1988;10(3):246-52.
123. Tanne K, Tanaka E, Sakuda M. Stress distribution in the temporomandibular joint produced by orthopedic chincup forces applied in varying directions: a three-dimensional analytic approach with the finite element method. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1996;110(5):502-7.
124. 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):382-91.
125. Katada H, Katada H, Isshiki Y. Changes in orthodontic cephalometric reference points on application of orthopedic force to jaw: three-dimensional finite element analysis. *Bullet Tokyo Dent*, 2005;46(3):59-65.
126. Holberg C, Mahaini L, Rudzki I. Analysis of sutural strain in maxillary protraction therapy. *Angle Orthod*, 2007;77(4):586-94.
127. 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):118-25.
128. 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.
129. Nelson SJ. Wheeler's dental anatomy, physiology and occlusion: *Elsevier Health Sciences*; 2014.
130. Sar C, Sahinoglu Z, Ozcirpici AA, Uckan S. Dentofacial effects of skeletal anchored treatment modalities for the correction of maxillary retrognathia. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2014;145(1):41-54.
131. Celikoglu M, Yavuz I, Unal T, Oktay H, Erdem A. Comparison of the soft and hard tissue effects of two different protraction mechanisms in class III patients: a randomized clinical trial. *Clin Oral Investig*, 2015;19(8):2115-22.
132. Dogan S, Erturk N. Use of the face mask in the treatment of maxillary retrusion--a case report. *Br J Orthod*. 1991;18(4):333-8.
133. Favero L, Winkler A, Favero V. Non-compliant maxillary protraction by orthodontic micro-implants. *Eur J Paediatr Dent*. 2012;13(3):244-8.
134. Halicioglu K, Yavuz I, Ceylan I, Erdem A. Effects of face mask treatment with and without rapid maxillary expansion in young adult subjects. *Angle Orthod*. 2014;84(5):853-61.
135. Cha KS. 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.

136. 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):204-12.
137. 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):669-80.
138. Baik HS. Clinical results of the maxillary protraction in Korean children. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995;108(6):583-92.
139. Sung SJ, Baik HS. Assessment of skeletal and dental changes by maxillary protraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1998;114(5):492-502.
140. Tanne K, Sakuda M. Biomechanical and clinical changes of the craniofacial complex from orthopedic maxillary protraction. *Angle Orthod*. 1991;61(2):145-52.
141. 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):577-81.
142. Nienkemper M, Wilmes B, Pauls A, Drescher D. Maxillary protraction using a hybrid hyrax-facemask combination. *Prog Orthod*. 2013;14:5.
143. 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):200-7.
144. 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.
145. Altug Z, Akcam OU. Treatment of a young adult with Class III malocclusion using a modified mini maxillary protractor: a case report. *J Oral Sci*, 2010;52(1):155-9.
146. Banks PA, Bogues WH. Traumatically induced maxillary retrusion--a case report of orthodontic management with the protraction headgear. *Br J Orthod*, 1988;15(1):11-6.
147. Celikoglu M, Oktay H. Effects of maxillary protraction for early correction of class III malocclusion. *Eur J Orthod*. 2014;36(1):86-92.
148. De Clerck EE, Swennen GR. Success rate of miniplate anchorage for bone anchored maxillary protraction. *Angle Orthod*. 2011;81(6):1010-3.
149. Degala S, Bhanumathi M, Shivalinga BM. Orthopaedic protraction of the maxilla with miniplates: treatment of midface deficiency. *J Maxillofac Oral Surg*, 2015;14(1):111-8.
150. Gekkiow G, Kaan SK. Dentofacial orthopaedic correction of maxillary retrusion with the protraction facemask--a literature review. *Aust Orthod J*. 1992;12(3):143-50.
151. Hickham JH. Maxillary protraction therapy: diagnosis and treatment. *J Clin Orthod*, 1991;25(2):102-13.
152. Kim KY, Bayome M, Park JH, Kim KB, Mo SS, Kook YA. Displacement and stress distribution of the maxillofacial complex during maxillary protraction with buccal versus palatal plates: finite element analysis. *Eur J Orthod*, 2015;37(3):275-83.



8. EKLER

EK-1: Hasta Onam Formu

WSP

**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ ORTODONTİ
ANABİLİM DALI
MÜTEHARRİK(HAREKETLİ) ORTODONTİK TEDAVİLER İÇİN AYDINLATILMIŞ ONAM FORMU**

Hekimin Beyanı

Yaptığımız klinik ve film incelemesi sonucu ortodontik açıdan tedavi edilmesi gereken bir probleminiz olduğunu gördük. Tedavi ettirip ettirmemekte serbestsiniz. Tedavi gönüllülük esasına dayalıdır. Kararınızdan önce tedavi hakkında sizi bilgilendirmek istiyoruz. Bu bilgileri okuyup anladıktan sonra tedaviyi onaylarsanız formu imzalayınız.

Eğer tedaviyi kabul ederseniz ağız içi yapılarınız, dişleriniz, çene kaslarınız ve çene eklemeleriniz muayene edilecek ve bulgular kaydedilecektir. Yine gerekli görüldüğünde bilginiz dahilinde baş, eklem ve diş röntgen filmlerinizi alınacak ve fotoğraflarınız çekilecektir. Bu kayıtlar klinik takip süresince rutin olarak alınmaktadır. Bu kayıtlar ileride tekrar incelenerek doğru tanı konulmasına yardımcı olacaktır. Bu kayıtlar kimliğiniz belirtilmeden dişhekimliği öğrencilerinin eğitiminde veya bilimsel nitelikteki yayınlarda kullanılabilir. Bu amaçların dışında bu kayıtlar kullanılmayacak ve başkalarına verilmeyecektir.

Diş, çene ve yüz yapılarındaki bozuklukları biyolojik sınırlar içerisinde düzeltebilmek için hareketli ortodontik aparatları 6 ay-3 yıl boyunca kullanmanız gerekmektedir. Uygulanan tedavinin şekline göre belirli aralıklarla kontrol randevularına gelmeniz gerekmektedir.

Bu tedavi için gerekli malzemeler ve laboratuvar masrafları dışında sizden herhangi bir ücret istenmeyecektir. Ancak herhangi bir sağlık güvenceniz yoksa buna ek olarak belirlenen müteharrik tedavi ücretini de ödemek zorundasınız. Tedavi sonucu yapılabilecek araştırmalar için size ek bir ödeme de yapılmayacaktır.

Müteharrik(Hareketli) aparat kullanımı sırasında ve sonrasında oluşabilecek problemler:

1) **Aparatın kullanımı:** Hareketli aparatınızın tipine bağlı olarak tüm gün, gece kullanım veya yemeklerde çıkarma gerekebilir. Doktorunuz en uygun kullanım şeklini size açıklayacaktır.

2) **Ağrı,basınç hissi:** hareketli aparatların elemanları dişlerinize yerleştirildiğinde ilk 1-2 gün ağrı olabilir ve günlük fonksiyonlarınızı etkileyebilir. Ayrıca randevularda tellerin aktivasyonu sonucu dişlerinizde hassasiyet ve ağrı olması normaldir. Vidalı bir aparat söz konusu ise vidanın her çevirilmesi sonucu dişlerinizde oluşacak basınç hissi normaldir ve 1-2 gün içinde azalıp kaybolacaktır. Bunun dışında devamlı ve artan bir ağrı durumunda ya da batan, vuran, acıtan bir problemle karşılaştığınızda hekimimize telefonla başvurunuz.

3) Aparatın takıldığı ilk gün konuşmanızda bozukluk oluşabilir. Bu durum en fazla 1 hafta süren geçici bir dönemdir. Bu zaman diliminde sesli olarak bir şey okunması ve bol bol konuşulması bu süreci kısaltacaktır.

Aparatın takıldığı ilk birkaç gün tükürük salgınızda artış ve dışarı tükürme isteği normaldir. Aparatınızı kullanmaya devam ediniz.

4) **a-** Tedavi boyunca ağız temizliğine dikkat edilmez, dişler düzenli bir şekilde fırçalanmazsa dişlerde renk değişiklikleri ve çürükler oluşabilmektedir.

b- Aparatınızın temizliği dişlerinizin ve yumuşak dokularınızın (dişeti, damak, dudak..) sağlığı açısından önemlidir. Uygun temizlik yapılmadığında yumuşak doku irritasyonları ve çeşitli enfeksiyonlar gözlenebilir. Bu nedenle her yemekten sonra dişlerinizi birlikte aparatınızı akrilik kısımdan tutarak hekiminizin önerdiği şekilde fırçalamanız gerekir.

5) Uygulanan hareketli aparatlar akrilik denenen kimyasal maddeden yapılmaktadır. Çok nadir de olsa bu maddeye alerji gelişebilir. Bu durumda hemen doktorunuza başvurunuz.

6) Sakınılması gereken gıda maddeleri: Hareketli aparey kullanımı sırasında erik, fındık, ceviz gibi sert yiyecekler, sakız gibi yapışkan maddeler, apareyin kırılmasına ve yapısının bozulmasına neden olmaktadır. Tedaviniz boyunca bu gibi gıdalardan uzak durmanız tedavinizin seyri bakımından çok önemlidir. Bu konuda hekiminize yardımcı olacağınızı düşünüyor ve teşekkür ediyoruz.

7) Hareketli apareylerle tedavi sonrasında gerekli durumlarda farklı tedavilere geçilip geçilmeyeceği konusundan hekiminiz sizi bilgilendirecektir.

8) Aparentin kırılması kaybolması durumunda yeni bir aparey için belirli bir laboratuvar ücreti ödemeniz gerekebilir. Bunun dışında, tedaviniz süresince hekiminizin uygun gördüğü durumlarda apareyinizin yenilenmesi gerekebilmektedir.

9) Hasta uyumu: tedavinin gidişatından hasta birebir sorumludur. Hekiminizle işbirliği içinde olmanız ve sizden isteneni yapmanız tedavinizi kolaylaştıracak ve kısaltacaktır. Bu konuda hekiminize yardımcı olmazsanız tedavinizin ilerlememesinden ve herhangi bir gelişme kaydedilememesinden hekiminiz sorumlu değildir.

Hastanın Beyanı

Hacettepe Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'nda ortodontik tedavi ve karşılaşılabileceğim olası problemler bana aktarıldı. İster doğrudan ister dolaylı olsun tedavi uygulamasından kaynaklanan nedenlerle meydana gelebilecek herhangi bir sağlık sorunumun ortaya çıkması halinde, her türlü tıbbi müdahalenin sağlanacağı konusunda gerekli güvence verildi. Tedavi sırasında bir sağlık sorunu ile karşılaştığımda; çalışma saatleri içerisinde doktorumu 305 22 90 ve 311 64 61 numaralı telefonlardan ve Hacettepe Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim dalı, Sıhhiye, Ankara adresinden arayabileceğimi biliyorum.

Bu tedaviye katılmak zorunda değilim ve katılmayabilirim. Tedavi olmam konusunda zorlayıcı bir davranışla karşılaşmış değilim. Eğer katılmayı reddedersem, bu durumun tıbbi bakımına ve hekim ile olan ilişkiye herhangi bir zarar getirmeyeceğini de biliyorum.

Bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Kendi başıma belli bir düşünme süresi sonunda sabit ortodontik tedavi görmeye karar verdim.

İmzalı bu form kağıdının bir kopyası bana verilecektir

Katılımcı

Adı, soyadı:

Adres:

Tel.

İmza:

Görüşme tanığı

Adı, soyadı:

Adres:

Tel.

İmza:

Katılımcı ile görüşen hekim

Adı, soyadı:

Adres:

Tel.

İmza:

Ebeveyn

Adı, soyadı:

Adres:

Tel.

İmza:

Ek- 2 : İzin Formu**DİŞHEKİMLİĞİ**
HACETTEPE**18 yaşından küçük hastalar için:**

Tarih: 06.02.2015

Hacettepe Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı Başkanlığına,

Ali F. YAZICI isimli hastanızın anabilim dalınızda tedavi gördüğü süre boyunca, doktorunun çektiği fotoğrafların, diğer hastaları bilgilendirmek amacıyla hazırlanacak broşürde, diğer araştırma ve yayınlarda kullanılmasına izin veriyorum.

Hasta velisi / ebeveyni: *Ali F. YAZICI*
İmza:**18 yaşından büyük hastalar için:**

Tarih:

Hacettepe Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı Başkanlığına,

Anabilim dalınızda tedavi gördüğüm süre boyunca, doktorumun çektiği fotoğrafların, diğer hastaları bilgilendirmek amacıyla hazırlanacak broşürde, diğer araştırma ve yayınlarda kullanılmasına izin veriyorum.

Hasta:
İmza:

