

T.C.
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
AĞIZ, DİŞ, ÇENE HASTALIKLARI ve CERRAHİSİ ANABİLİM DALI



**EĞİMLİ ve KÖŞELİ YAPILAN MARJİNAL MANDİBULEKTOMİNİN
KUVVET İLETİMİNE ETKİSİNİN ÜÇ BOYUTLU MODELLEME ve
SONLU ELEMENLAR ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Dt. Sinan Yasin ERTEM

ANKARA - 2010

T.C.
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
AĞIZ, DİŞ, ÇENE HASTALIKLARI ve CERRAHİSİ ANABİLİM DALI



**EĞİMLİ ve KÖŞELİ YAPILAN MARJİNAL MANDİBULEKTOMİNİN
KUVVET İLETİMİNE ETKİSİNİN ÜÇ BOYUTLU MODELLEME ve
SONLU ELEMENLAR ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Dt. Sinan Yasin ERTEM
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sina UÇKAN

ANKARA - 2010

T.C
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ağız Diş Çene Hastalıkları ve Cerrahisi Dalında Doktora Programı çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savarma Tarihi: 05/07/2010

"Eğimli ve Köşeli Yapılar Marjinal Mandibulektominin Kuvvet İletimine Etkisinin Üç Boyutlu Modelleme ve Sonlu Elemanlar Analizi ile Değerlendirilmesi"

TEZ DANIŞMANI: PROF.DR.SİMA UÇKAN



TEZ JÜRİSİ ÜYELERİ

Prof.Dr. Kenan Araz



Prof.Dr. Muzaffer Tuncer



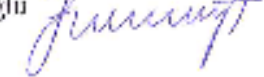
Prof.Dr. Sima Uçkan



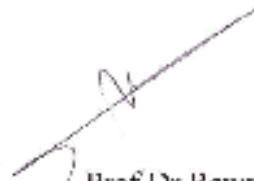
Doç.Dr. Özgür Zafer Peçdaş



Yrd.Doç.Dr. Fidevs Vezroğlu



ONAY: Bu tez Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Yönetim Kurulu'nun 05/07/2010 tarih, 092 sayılı kararıyla kabul edilmiştir.


Prof.Dr.Rengin Erdal
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince ve tezimin hazırlanması aşamasında bilgi ve deneyimiyle bana her konuda yol gösteren, yardımını ve desteğini esirgemeyen kıymetli hocam ve tez danışmanım Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı Sayın **Prof.Dr. Sina UÇKAN'a** ,

Doktora öğrenimine başladığım andan itibaren bilgi, tecrübe ve sevgisini her an yanımda hissettiğim, eğitime ve çalışmalarına çok büyük katkıları olan değerli hocam Başkent Üniversitesi Rektörü Sayın **Prof. Dr. Kenan ARAZ'a**

Eğitimim süresince ve teziminin yürütülmesinde her türlü yardımını ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Sayın **Yrd.Doç.Dr. Firdevs VEZİROĞLU'na**,

Ağız Diş Çene Hastalıkları ve Cerrahisi Anabilim Dalı'nda beraber çalıştığım tüm öğretim görevlilerine, asistan arkadaşlarıma ve yardımcılarına;

Çalışmamda modellerin bilgisayar ortamında hazırlanmasını sağlayan ve analizini yapan Sayın **Utku Ahmet ÖZDEN'e**;

Hayatımın her aşamasında yanımda olarak beni hep destekleyen annem, babam ve kardeşime,

Sonsuz şükranlarımı sunuyorum.

Sinan Yasin ERTEM

ÖZET

Çalışmanın amacı, köşeli ve eğimli hazırlanan marjinal mandibulektomi sonrası kemiğe gelen streslerin karşılaştırılması ve postoperatif dönemde patolojik kırık oluşma riskini azaltacak bir rezeksiyon formunun belirlenmesidir.

Üç boyutlu sonlu eleman analizi kullanılarak bilgisayar ortamında iki adet solid mandibula matematiksel modeli elde edilmiştir. Modellere köşeli ve eğimli olmak üzere iki farklı osteotomi uygulanmıştır, Hazırlanmış olan bu matematiksel modellere mandibula alt kenarına dik olacak şekilde 150 N vertikal kuvvet ve 250 N oblik kuvvet uygulanmıştır. Osteotomi şeklinin stres oluşumuna etkileri ve modeller arasında kırık oluşma ihtimali değerlendirilmiştir.

Köşeli olarak hazırlanan mandibula modelinde osteotominin arka alt kısmında daha fazla miktarda stres birikimi olmuştur. Stres birikimi özellikle horizontal ve vertikal osteotominin posterior kesişme noktasında lokalize olmuştur. Bunun yanında eğimli olarak hazırlanan mandibula modelinde ise stres yine osteotominin arka alt kısımda lokalize olmuştur ve daha geniş yayılım göstermiştir. Bunun yanında köşeli olarak hazırlanan rezeksiyona göre daha az stres oluşmuştur.

Sonuç olarak eğimli hazırlanan osteotomi daha az stres birikimine neden olmaktadır ve postoperatif atrofik mandibula kırığı oluşma ihtimalini azaltabilecek bir faktördür.

Anahtar Kelimeler: Eğimli osteotomi, Marjinal mandibulektomi

ABSTRACT

The Comparison of Angular and Curvilinear Marginal Mandibulectomy on Force Distribution with Three Dimensional Finite Element Analysis

The purpose of this study is to analyse and compare right angled and curved osteotomy design on stress distribution and to determine an osteotomy design which decreases the risk of pathologic fracture.

Solid mathematical model of the mandible was created by three dimensional finite element analysis and two different osteotomy was performed on model, right angled and curvilinear osteotomy lines. 150 N incisor force vertically and 250 N molar force to the angulus area obliquely was applied. The effects of osteotomy types to the stress formation and risk of fracture between models were evaluated.

Right angled osteotomy causes much more stress in the posteroinferior quadrant and mainly localized on the horizontal and vertical osteotomy intersection area. On the other hand, the distribution of the stress on curvilinear formed osteotomy shows posteroinferior localization and stress spreads wider area. Furthermore the amount of stress was less than right-angled one.

In this study, curved osteotomy denominated less stress distribution. The shape of osteotomy might be a factor to decrease the risk of postoperative atrophic mandible fracture.

Key Words: Curved osteotomy, Marginal mandibulectomy

İÇİNDEKİLER

İç Kapak Sayfası

Kabul - Onay Sayfası

Özet ve anahtar sözcükler..... iii

İngilizce özet (Abstract ve key words iv

İçindekiler v

Kısaltmalar ve simgeler dizini..... ix

Tablo ve Şekiller x

1.GİRİŞ 1

1.1. Marjinal mandibulektomi tanımı ve amaç 1

2. GENEL BİLGİLER 3

2.1.Ağız kanserleri..... 3

2.1.1. Ağız kanserleri etyolojisi 3

2.1.2. Ağız kanserlerinde teşhis 4

2.1.2.1. Teşhis yöntemleri..... 4

2.1.3. Ağız Kanserlerinde Genel Tedavi Prosedürleri 7

2.3.1. Cerrahi tedavi 7

2.1.4. Tedavi seçimini belirleyen faktörler 9

2.4.1. Tümör faktörleri..... 9

2.4.2. Hasta faktörleri 11

2.4.3. Doktor faktörleri 12

2.1.5. Mandibulada tümör yayılımı..... 12

2.1.6. Mandibuler invazyon patofizyolojisi..... 13

2.1.7. Marjinal mandibulektomi endikasyonları 17

2.1.8. Marjinal mandibulektomi avantajları	19
2.1.9. Marjinal mandibulektomi tekniği	20
2.1.9.1. Reverse marjinal mandibulektomi.....	20
2.1.9.2. Posterior marjinal mandibulektomi	21
2.2. Sonlu elemanlar analizi	21
2.2.1. Sonlu elemanlar yönteminin tarihçesi	22
2.2.2. Temel mekanik kavramlar	24
2.2.2.1. Kuvvet	24
2.2.2.2. Gerilim (Stres).....	24
2.2.2.3. Gerinim – deformasyon	25
2.2.2.4. Gerilim tipleri	26
2.2.2.5. Bileşik gerilme durumu	26
2.2.2.6. Asal gerilim değerleri.....	26
2.2.2.7. Hooke kanunu	27
2.2.2.8. Esneklik katsayısı	27
2.2.2.9. Poisson oranı	28
2.2.3. Stres analiz yöntemleri	28
2.2.4. Sonlu elemanlar stres analizi.....	31
2.2.5. Sonlu elemanlar analizinin avantajları	32
2.2.6. Sonlu elemanlar metodunda çözüm tekniği.....	33
3. GEREÇ VE YÖNTEM	37
3.1. Katı modelleme.....	37
3.2. Ağ yapısının oluşturulması	38
3.3. Eleman ve düğüm noktalarının belirlenmesi	39
3.4. Sınır Koşullarının Tayini (Boundary Conditions	41
4. BULGULAR.....	46

4.1. Modellerde vertikal kuvvet uygulandığında ark uzunluğu boyunca elde edilen principal stress max ve principal strain max değerleri karşılaştırılması	47
4.1.1. 1. Düzlem'deki principal stress max ve principal strain max değerleri	47
4.1.2. 2. Düzlem'deki principal stress max ve principal strain max değerleri	49
4.1.3. 3. Düzlem'deki principal stress max ve principal strain max değerleri	50
4.2. Modellerde vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında ark uzunluğu boyunca elde edilen principal stress max ve principal strain max değerleri karşılaştırılması	52
4.2.1. 1.Düzlem'deki principal stress max ve principal strain max değerleri	52
4.2.2. 2. Düzlem'deki principal stress max ve principal strain max değerleri	54
4.2.3. 3. Düzlem'deki principal stress max ve principal strain max değerleri	56
4.3. Vertikal kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli osteotomilerdeki kortikal kemikteki principal strain max-min, principal stres max-min ve von mises değerleri.....	59
4.4. Vertikal kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli osteotomilerdeki spongios kemikteki principal strain max-min, principal stres max-min ve von mises değerleri.....	67
4.5. Vertikal kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli osteotomilerdeki tüm modeldeki principal strain max-min, principal stres max-min ve von mises değerleri.....	75
4.6. Vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında eğimli ve köşeli osteotomilerdeki kortikal kemikteki principal strain max-min, principal stres max-min ve von mises değerleri.....	85
4.7. Vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında eğimli ve köşeli osteotomilerdeki spongios kemikteki principal strain max-min, principal stres max-min ve von mises değerleri.....	93
4.8. Vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında eğimli ve köşeli osteotomilerdeki tüm modeldeki principal strain max-min, principal stres max-min ve von mises değerleri	101

5. TARTIŞMA.....	111
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	126
7. KAYNAKLAR	127

KISALTMALAR ve SİMGELER

cm: santimetre

mm: milimetre

N: Newton

MPa: Megapascal

GPa: Gigapascal

BT: Bilgisayarlı Tomografi

MRG: Manyetik Rezonans Görüntüleme

M.Ö.: Milattan önce

Psi: Pounds per square inch

TABLO VE ŞEKİLLER

Şekil 3.1. Köşeli osteotomi katı modeli	38
Şekil 3.2. Eğimli osteotomi katı modeli	38
Şekil 3.3. Köşeli osteotomi ağ modeli	39
Şekil 3.4. Eğimli osteotomi ağ modeli	39
Şekil 3.5. Tetrahedron eleman görünümü	40
Şekil 3.6. Modellerin kondil bölgesinde fiksasyonu	42
Şekil 3.7. Modellerde orta hatta simetri tanımlanması	42
Şekil 3.8. Eğimli modele 150 N insizal kuvvetin uygulanış şekli	43
Şekil 3.9. Köşeli modele 150 N insizal kuvvetin uygulanış şekli	43
Şekil 3.10. Eğimli modele 250 N oblik kuvvetin uygulanış şekli	44
Şekil 3.11. Köşeli modele 250 N oblik kuvvetin uygulanış şekli	44
Şekil 4.1. 1. Düzlem'in eğimli ve köşeli modeldeki şematik görüntüsü	47
Şekil 4.2. Vertikal 150 N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 1. düzlem üzerinde principal stress max değerleri karşılaştırılması	48
Şekil 4.3. Vertikal 150 N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 1. düzlem üzerinde principal strain max değerleri karşılaştırılması	48
Şekil 4.4. 2. Düzlem'in eğimli ve köşeli modellerdeki görüntüsü	49
Şekil 4.5. Vertikal 150 N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 2. düzlem üzerinde principal stres max değerleri karşılaştırılması	49
Şekil 4.6. Vertikal 150 N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 2. düzlem üzerinde principal strain max değerleri karşılaştırılması	50
Şekil 4.7. 3. Düzlem'in eğimli ve köşeli modellerdeki görüntüsü	51
Şekil 4.8. Vertikal 150 N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 3. düzlem üzerinde principal stres max değerleri karşılaştırılması	51

Şekil 4.9. Vertikal 150 N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 3. düzlem üzerinde principal strain max değerleri karşılaştırılması	52
Şekil 4.10. 1.Düzlem'in eğimli ve köşeli modeldeki görüntüsü	53
Şekil 4.11. Vertikal 150 N ve oblik 250N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 1. düzlem üzerinde principal stress max değerleri karşılaştırılması	53
Şekil 4.12. Vertikal 150 N ve oblik 250N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 1. düzlem üzerinde principal strain max değerleri karşılaştırılması	54
Şekil 4.13. 2. Düzlem'in eğimli ve köşeli modeldeki görüntüsü	54
Şekil 4.14. Vertikal 150 N ve oblik 250N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 2. düzlem üzerinde principal stress max değerleri karşılaştırılması	55
Şekil 4.15. Vertikal 150 N ve oblik 250N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 2. düzlem üzerinde principal strain max değerleri karşılaştırılması	55
Şekil 4.16. 3.Düzlem'in eğimli ve köşeli modeldeki görüntüsü	56
Şekil 4.17. Vertikal 150 N ve oblik 250N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 3. düzlem üzerinde principal stres max değerleri karşılaştırılması	56
Şekil 4.18. Vertikal 150 N ve oblik 250N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 3. düzlem üzerinde principal strain max değerleri karşılaştırılması	57
Şekil 4.19. Vertikal kuvvet uygulandığında modellerde kortikal kemikte oluşan Principal Strain Max ve Min değerleri	59
Şekil 4.20. Vertikal kuvvette kortikal kemik principal strain max model görüntüleri	60
Şekil 4.21. Vertikal kuvvette kortikal kemikteki principal strain min model görüntüleri	61
Şekil 4.22. Vertikal kuvvet uygulandığında modellerde kortikal kemikte oluşan Principal Stres Max ve Min değerleri	62
Şekil 4.23. Vertikal kuvvette kortikal kemikteki principal stres max model görüntüleri	63
Şekil 4.24. Vertikal kuvvette kortikal kemikteki principal stres min model görüntüleri	64
Şekil 4.25. Vertikal kuvvet uygulandığında modellerde kortikal kemikte oluşan Von Misses Stress değerleri	65
Şekil 4.26. Vertikal kuvvette kortikal kemikteki von misses stres model görüntüleri	66

Şekil 4.27. Vertikal kuvvet uygulandığında modellerde spongioz kemikte oluşan principal strain max ve min değerleri	67
Şekil 4.28. Vertikal kuvvette spongioz kemikteki principal strain max model görüntüleri	68
Şekil 4.29. Vertikal kuvvette spongioz kemikteki principal strain min model görüntüleri	69
Şekil 4.30. Vertikal kuvvet uygulandığında modellerde spongioz kemikte oluşan principal stres max ve min değerleri.....	70
Şekil 4.31. Vertikal kuvvette spongioz kemikteki principal stres max model görüntüleri	71
Şekil 4.32. Vertikal kuvvette spongioz kemikteki principal stres min model görüntüleri	72
Şekil 4.33. Vertikal kuvvet uygulandığında modellerde spongioz kemikte oluşan von mises stres değerleri	73
Şekil 4.34. Vertikal kuvvette spongioz kemikteki von mises stress model görüntüleri	74
Şekil 4.35. Vertikal kuvvette tüm modeldeki principal strain max model görüntüleri	76
Şekil 4.36. Vertikal kuvvette tüm modeldeki principal strain min model görüntüleri	78
Şekil 4.37. Vertikal kuvvette tüm modeldeki principal stres max model görüntüleri	80
Şekil 4.38. Vertikal kuvvette tüm modeldeki principal stress min model görüntüleri	82
Şekil 4.39. Vertikal kuvvette tüm modeldeki von mises stresi model görüntüleri	84
Şekil 4.40. Vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında modellerde kortikal kemikte oluşan principal strain max ve min değerleri	85
Şekil 4.41. Vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında modellerde kortikal kemikte oluşan principal strain max ve min değerleri	86

Şekil 4.42. Vertikal ve oblik kuvvette kortikal kemikte principal strain max model görüntüleri	87
Şekil 4.43. Vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında modellerde kortikal kemikte oluşan principal stres max ve min değerleri	88
Şekil 4.44. Vertikal ve oblik kuvvette kortikal kemikte principal stres max model görüntüleri	89
Şekil 4.45. Vertikal ve oblik kuvvette kortikal kemikte principal stres min model görüntüleri	90
Şekil 4.46. Vertikal ve oblik kuvvette kortikal kemikte von misses stres değerler	91
Şekil 4.47. Vertikal ve oblik kuvvette kortikal kemikte von misses stres model görüntüleri	92
Şekil 4.48. Vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında modellerde spongioz kemikte oluşan principal strain max ve min değerleri	93
Şekil 4.49. Vertikal ve oblik kuvvette spongioz kemikteki principal strain max model görüntüleri	94
Şekil 4.50. Vertikal ve oblik kuvvette spongioz kemikteki principal strain min model görüntüleri	95
Şekil 4.51. Vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında modellerde spongioz kemikte oluşan principal stres max ve min değerleri	96
Şekil 4.52. Vertikal ve oblik kuvvette spongioz kemikteki principal stress max model görüntüleri	97
Şekil 4.53. Vertikal ve oblik kuvvette spongioz kemikteki principal stres min model görüntüleri	98
Şekil 4.54. Vertikal ve oblik kuvvette spongioz kemikteki von misses model görüntüleri	99
Şekil 4.55. Vertikal ve oblik kuvvette spongioz kemikteki von misses stress model görüntüleri	100

Şekil 4.56. Vertikal ve oblik kuvvette tüm modeldeki principal strain max model görüntüleri	102
Şekil 4.57. Vertikal ve oblik kuvvette tüm modeldeki principal strain min model görüntüleri	104
Şekil 4.58. Vertikal ve oblik kuvvette tüm modeldeki principal stress max model görüntüleri	106
Şekil 4.59. Vertikal ve oblik kuvvette tüm modeldeki principal stress min model görüntüleri	108
Şekil 4.60. Vertikal ve oblik kuvvette tüm modeldeki von misses stress model görüntüleri	110
Şekil 5.1. Mandibulada köşeli hazırlanan rezeksiyon sonrası oluşan kırığın rekonstrüksiyon plağı ile redükte edilmesi	118
Tablo 3.1. Modellerdeki eleman ve düğüm sayıları	40
Tablo 3.2. Kullanılan materyal tipine göre esneklik katsayıları ve poisson oranları	41
Tablo 4.1. Stress ve strain değerler tablosu	111

1.GİRİŞ

1.1. Marjinal Mandibulektomi Tanımı ve Amaç

Ağız boşluğunun tümörleri genellikle mandibulayı etkileyebilirler veya yakın ilişkide bulunurlar. Mandibulayı doğrudan veya minimal seviyede etkilemişlerse mandibulanın bir parçasının rezeksiyonu olan marjinal mandibulektomi gerekebilir (1). Marjinal mandibulektomi, alt çenede ve ağız tabanında görülen malign ve lokal agresif olan tümörlerin eksizyonunda başarı ile uygulanan konservatif bir cerrahi tekniktir. Mandibula alt kenarını koruyarak tümörün cerrahi sınırlarını tamamen içine alacak boyutlarda hazırlanan, iki vertikal ve bir horizontal osteotomiden oluşan rezeksiyon tekniğidir.

Marjinal mandibulektomi Crile (2) tarafından 1923 yılında bir eksizyon şeklinde tanımlandı. Bu tanımlama “mandibula alt kısmındaki kemiği koruyarak keskin bir keski veya testere yardımıyla kemiğin bir parçasının, alveolün üzerindeki tümöral dokuyla birlikte rezeke edilmesi” şeklindeydi. Günümüzde marjinal mandibulektomi, mandibula alt kenarındaki kemiği koruyarak, mandibular alveoler kemiğin lingual kısmının veya hem bukkal hem de lingual kısmın tamamının rezeksiyonunu içermektedir (3).

Son yıllarda mandibulada tümöral invazyonun davranışının tesbit edilmesi sebebiyle marjinal mandibulektomi endikasyonunun arttığı yönünde bazı bulgular mevcuttur. Marjinal mandibulektomi temel olarak iki köşesi ve üç osteotomi hattı bulunan bir osteotomidir. Bu şekilde rutin marjinal mandibulektomi prosedürü ile yapılan osteotomilerde köşeler bulunmasına bağlı olarak mandibulada kırık gelişmesi insidansı %15 olarak rapor edilmiştir (4).

Tümör cerrahisi geçirmiş bir hastada postoperatif dönemde gelişebilecek bir kırık, ekstraoral bir cerrahi işlem ve rekonstrüksiyon plağı uygulamasını gerektirecek arzu edilmeyen bir komplikasyondur. Osteotomi şeklinin değişmesiyle, bu komplikasyon riskinin azaltılabilmesi incelemeye değer bir konudur.

Bu çalışmanın amacı; köşeli ve eğimli hazırlanan marjinal mandibulektomi uygulaması sonrasında, fonksiyonel okluzal kuvvetler altında kemiğe gelen streslerin karşılaştırılması ile, postoperatif dönemde daha iyi direnç gösterecek ve atrofik mandibula kırığı oluşma riskini azaltacak rezeksiyon formunun belirlenmesidir.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. AĞIZ KANSERLERİ

2.1.1. Ağız Kanserleri Etiyolojisi

Ağız ve çevre dokusunda ortaya çıkan kanserlerin oluşumunu etkileyen çeşitli faktörler bulunmaktadır (5).

Hastaya bağlı olarak yaşam şekli, alışkanlıklar, genetik faktörler ve coğrafi varyasyonlar oral kanser görülme insidansını etkilemektedir. Özellikle Güney Asya'da oral kanser prevalansı çok yüksektir. Örneğin, Hindistan'da oral kanser en sık görülen kanser tipidir ve erkeklerdeki yeni teşhis edilen kanserlerin %35'ini oluşturur. Batı ülkelerinde dil ve ağız tabanı kanserleri daha çok görülürken, Hindistan'da dişeti ve yanak mukozası kanserlerine daha fazla rastlanır.

Tütün çiğneme ve alkol kullanımı en çok bilinen etyolojik ajanlardır (6). Bunun yanında radyasyon, enfeksiyonlar (bakteriyel, fungal, viral), beslenme faktörleri, genetik yatkınlık, travmatik irritasyon, önceki ağız hastalığı, immunosupresyon diğer etyolojik faktörlerdir.

Son zamanlarda Human Papilloma Virüsü'nün genç hastalarda oral karsinoma ile birlikte görüldüğü belirlenmiştir ve oral kanser etiolojisindeki rolü tartışılmaktadır (5).

2.1.2. Ağız Kanserlerinde Teşhis

Oral kanser gelişiminden önceki dönemde, hastalarda uzun süreli yanma ve kuruma hissi bulunabilir. Ağız içinde malign bir tümör bulunuyor ise, klinik muayenede kalıcı ülser ve gingivobukkal komplekste exofitik büyüme bulunabilir. Ağrı, bu hastalar için geç dönem bulgusudur. İlerlemiş aşamalarda orokutanöz fistül, trismus ve lenf nodu metastazı da bulunabilmektedir. Hastalarda lökoplaki, eritroplaki ve submukoz fibrozis gibi premalign lezyonların, malign tümör gelişmesinden önce hikayede olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (7).

Ağız dokularının olaya karışması sonucunda lokalizasyona bağlı olarak farklı klinik bulgular belirginleşir. Örneğin, dil kas yapısının etkilenmesi ile hareket ve konuşma bozuklukları görülebilir. İnferior alveolar sinir etkilenmesine bağlı olarak çenede parestezi ortaya çıkabilir.

Klinik muayenede trismus bulunuyor ise sebep basit bir enfeksiyon olabilir. Bunun yanında, submukoz fibrozis varlığı veya malign bir tümör bulunması da trismus gelişmesine sebep olabilecek etkenlerdir. Hastalarda trismus varlığı derin invazyonu gösterebilmektedir.

2.1.2.1. Teşhis Yöntemleri

Oral kanserlerde kesin tanı yapılacak olan insizyonel veya eksizyonel biyopsi ile klinikopatolojik inceleme sonucunda elde edilebilir. Biyopsinin tedavi öncesinde yapılması önerilmektedir. Yeterince derin dokuları ve sağlam dokuya içermelidir. Özellikle verriköz karsinomada derin biyopsi şarttır.

Operasyon öncesinde ve esnasında tanıya yardımcı olan çeşitli incelemeler tedavi alternatiflerini seçmekte ve karar verilmesinde önemlidir. Ağızda görülen patolojilerin değerlendirilmesinde birçok görüntüleme yöntemi kullanılmaktadır. Bunlar içinde konvansiyonel radyografiler (panoromik ve dental x-ray), BT (Bilgisayarlı Tomografi), ve MRG (Manyetik Rezonans Görüntüleme) en sık kullanılanlarıdır. Ortopantomograf ve mandibulanın oblik grafisi mandibular alveol etkileyen ve ilerlemiş olan tümörlerin ilk teşhisinde yararlıdır. Ancak minimal düzeydeki kemik destrüksiyonunu, kortikal invazyonu, alveoler kemik üzerindeki ve lingualdeki tümörleri erken dönemde belirleyememektedir (8).

BT, tümöral doku kemik ilişkisinin belirlenmesinde; MRG ise, mandibulada yumuşak doku ve perinöral invazyonun değerlendirilmesinde önemlidir. Ayrıca, ultrasonografi, BT ve MRG'ye göre ultrason ile yönlendirilmiş ince iğne aspirasyon sitolojisinin servikal nod metastazını değerlendirmede daha başarılı olduğu belirtilmektedir (6).

Mandibulayı etkileyen patolojilerin teşhisinde primer metod olarak preoperatif klinik değerlendirme kabul edilmektedir. Ancak klinik değerlendirme destekleyici görüntüleme yöntemleriyle beraber yapıldığında en doğru diagnostik yaklaşımda bulunulmuş olacaktır. Werning ve ark. (9) University of Texas MD Anderson Cancer Center'da tedavi gören 222 hastayı değerlendirmiştir. Retrospektif olarak kemik erozyonu açısından segmental ve marjinal mandibulektomi uygulanan hastalarda preoperatif değerlendirmenin etkisi ve sonuçları incelenmiştir. Klinik değerlendirmenin radyografik değerlendirmeye göre daha hassas olduğunu, ancak radyografik değerlendirmenin daha spesifik ve objektif olması sebebiyle, radyografik değerlendirme ile klinik değerlendirmenin birlikte kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir. Klinik değerlendirmenin yardımcı görüntüleme yöntemleriyle birlikte kullanıldığında, hem kemik invazyonu değerlendirilmesinde, hem de primer tümörle ilişkili olarak ne çeşit bir rezeksiyon yapılacağına karar verilmesinde en etkili yol olduğu belirtilmiştir.

Histolojik yayılım tipinin ayrımı ve yayılım miktarı da görüntüleme yöntemleriyle her zaman başarılı bir şekilde yapılamamaktadır. Shaha, (10) ağız tabanında karsinoma bulunan hastalarının değerlendirilmesinde panoramik ve dental filmler, BT ve MRG'nin karşılaştırmasını yapmıştır. Sonuçta, klinik uygulamalarda kemik içerisindeki bir patolojinin güvenilir ve detaylı incelenebilmesi, BT sayesinde olmaktadır, yorumunu yapmıştır. Yüksek çözünürlüklü BT, kemik-tümör dokusu arasındaki demarkasyonu net bir şekilde gösterecektir. Ancak kemik sintigrafileri yüksek hassasiyetleri sebebiyle erken invazyonu belirlese de, bazen irregular dental soketler ve artifaktlar bulunması sebebiyle yanlış pozitif görüntü verebilmektedir. Ayrıca BT ile mesiodistal kemik invazyonunun değerlendirmesi zor olabilir. Klinik değerlendirme ve görüntüleme teknikleri ile elde edilen veriler düzgün ilişkilendirilirse, invazyonun derinliği konusunda doğru karar verilebilir.

MRG, oral kanserlerde mandibular invazyonun özellikle yumuşak dokularla ilişkisinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bolzoni (11) araştırmasında MRG'nin mandibulada kemik invazyonunu hassasiyet, özgüllük ve doğruluk açısından %93 başarı ile tesbit ettiğini göstermiştir. MRG, tümör yumuşak doku ilişkisinin belirlenmesinde faydalı olabilir, ancak kemikteki destrüksiyonu belirlemede yetersizdir.

Tei ve ark.'nın (13) yaptığı retrospektif bir çalışmada, mandibulektomi uygulanan hastalardaki preoperatif radyografik görünüm ile eksizye edilen dokulardaki histopatolojik bulgular incelenmiştir. Eroziv tipte ilerleyen patolojiye bağlı olarak gelişen kemik defekti bulunanlarda, kemik içindeki ilerleme radyografik olarak tesbit edilen defektten daha fazla değildir. Ancak radyolojik değerlendirmelerde güve yeniği şeklinde defekti olan invaziv vakaların %36.8'inde, invazyon radyolojik olarak tesbit edilenden daha fazla ilerlemiştir.

Politi ve ark. (12) tümöral yayılımı teşhis etmek için bir algoritma yayınlamışlardır. Öncelikle preoperatif olarak BT ile değerlendirilme önermektedirler. Bunun yanında, mandibulayı etkileyen tümörlerde periostun soyulmasının (stripping) tedavide önemli olduğunu söylemişlerdir. Klinik değerlendirmenin periostal soyma ile beraber yapılmasının, kemik erozyonunun tesbitinde hassasiyeti artırdığını, cerrahi alanın genişliğini en doğru şekilde tesbit edilmesini ve doğru cerrahi yaklaşımın seçilmesini sağladığını belirtmişlerdir.

2.1.3. Ağız Kanserlerinde Genel Tedavi Prosedürleri

Tedavi seçiminde hastaya ve tümöre bağlı faktörler belirleyici olmaktadır. Tümörün geliştiği primer bölge lokalizasyonu, boyutları, kemiğe yakınlığı, infiltrasyonun derinliği ve tümörün agresiflik derecesi cerrahi yaklaşımı belirler (5). Cerrahi en uzun süredir uygulanan, kabul görmüş ve ilk akla gelen tedavi seçeneğidir. Radyumun keşfedilmesinden sonra iyonize radyasyon, oral kanserde cerrahi olmayan tedavide önem kazanmıştır. Ancak ileri kanser hastalarının çoğunda cerrahi ile birlikte ve genellikle postoperatif tedavi olarak kullanılmaktadır. Bu tedavi seçeneklerine ek olarak kemoterapi eşlik edebilmektedir. Oral dokuların malign patolojileri erken dönemde cerrahi veya radyoterapi ile tedavi edilebilmesine rağmen, submukoz fibrozis ile ilişkili ise genellikle cerrahi tedavi tercih edilmektedir. Özellikle mandibula bölgesinde radyoterapi uygulanması, kemiğe yakınlığı ve postoperatif dönemde osteoradyonekroz oluşabilmesi sebebiyle tercih edilmeyebilir. İlerlemiş vakalarda multidisipliner bir ekiple kombine tedavi tercih edilir (14).

2.3.1. Cerrahi Tedavi

Malign tümör teşhisi ile gelen hastalarda, 2 cm veya daha küçük lezyonlarda veya anteriorda lokalize olanlarda veya minimal mandibular etkileşim var ise ve ağız

açıklığı iyi ise, ağız içinden yaklaşım ile rezeksiyon tercih edilir. Rezeksiyon sınırları cerrahi saha kenarlarından üç boyutlu olarak 1-2 cm uzaktan geçecek şekilde ve sağlam kemik üzerinde olmalıdır. Cerrahi sonrası iyileşmeyi sağlamak, fonksiyonu ve görüntüyü iade etmek ve hastalarda yaşam kalitesini artırmak için primer rekonstrüksiyon uygulanması tavsiye edilmektedir (15).

Segmental mandibulektomi geleneksel olarak klinikte sıklıkla uygulanan bir cerrahi tedavidir. Oral skuamoz hücreli karsinoma vakalarında mandibulada ilerlemiş invazyon olduğunda, diğer operasyonlarla karşılaştırıldığında altın standart olarak kabul edilmektedir.

Segmental mandibulektomi uygulamasının bazı avantajları bulunmaktadır. Bunlar, rezeksiyon kenarlarının yeterli genişlikte yapılabilmesi, cerrahi sahada çok iyi görüş sağlanması ve rezeke edilen dokunun rahat kapatılabilmesidir. Ancak fonksiyonel ve kozmetik sonuçlar postoperatif dönemde hemen rekonstrüksiyon sağlansa bile, marjinal mandibulektomiye göre daha sıkıntılıdır (16).

Segmental mandibulektomi uygulamalarında rekonstrüksiyon yapılarak, vaskülarize kemik içeren serbest greftler ve rekonstrüksiyon plakları ile mandibulanın devamlılığının sağlanması, postoperatif kozmetik ve fonksiyonel deformiteyi sınırlayacaktır. Segmental mandibulektomi, rekonstrükte edilemez ise genellikle estetik ve fonksiyon bozukluğunun yanında maloklüzyon, mandibulada şişlik, temporomandibular eklem ağrısı ve beslenme rejiminde yumuşak diyet ile kısıtlama olabilmektedir (17).

Mandibulaya uygulanan posterior korpus ve ramus kısmındaki rezeksiyonlar, estetiği anterior kadar çok etkilemez. Genellikle, anterior segmental mandibulektomi uygulanan hastalarda klasik “Andy Gump” deformitesi görülmektedir (17). “Andy Gump” deformitesi, mandibulaya uygulanan ileri kanser cerrahisi sonrasında, ağız tabanı ve mandibula ön kısmında sert ve yumuşak doku kaybına bağlı olarak gelişen, yüzdeki zayıf alt çene görüntüsüdür.

Segmental rezeksiyon sonrası oluşan kozmetik ve fonksiyon problemleri için yapılacak rekonstrüksiyon, rezeksiyonun lokalizasyonuna ve ne kadar kemik çıkartıldığına göre değişiklik gösterir. Mikrovasküler serbest doku greftleri ve osteomyokutanöz flep rehabilitasyona yardım eder. Ancak her hasta bu kadar komplike, uzun ve pahalı prosedürlere uygun değildir. Eğer segmental rezeksiyonun belirgin bir endikasyonu ve zorunluluk bulunmuyorsa, rezeksiyonun sınırlı yapılması ve marjinal mandibulektomi tercih edilmesi önemlidir.

2.1.4. Tedavi Seçimini Belirleyen Faktörler

Primer tümörün karakteristiği, hastayla ilgili faktörler ve tedavi edecek takımın özellikleri başlangıçta karar vermede önemlidir. Tedavide en önemli hedef kanser dokusunu uzaklaştırırken, formu ve fonksiyonu korumak ve restore etmek, tedavi sonundaki sekeli en aza indirmek ve postoperatif dönemde rekürrensi önlemektir. Bu sonuçlara ulaşmak için cerrahi, radyoterapi, kemoterapi, veya kombine tedaviler ve çeşitli koruma stratejileri, örneğin hayat tarzı ve alışkanlıkların değiştirilmesi uygulanabilmektedir.

2.4.1. Tümör Faktörleri

Oral kanserlerde başlangıç tedavisini etkileyen tümör faktörleri şunlardır. Primer tümörün ağız içinde görülme yeri (anterior, posterior), tümörün evresi (T stage), tümöral dokunun kemiğe yakınlığı, servikal lenf nodlarının etkilenimi, daha önceki uygulanmış olan tedaviler ve tümörün histolojik özellikleridir (tipi ve invazyon derinliği) (18,19).

Primer kanserlerin biyolojik davranışları farklı bölgelerde farklılık göstermektedir. Örneğin, dudak kanserleri deri kanserine benzer özelliktedir. Uzun dönem

tedavide çok iyi prognozu vardır ve tümörün evresine (stage) göre kabul edilebilir prognozu vardır. Aynı şekilde sert damaktaki ve üst dişetinde görülen skuamoz hücreli karsinoma göreceli olarak daha iyi davranışlıdır ve bölgesel lenf nodu metastazı daha az görülmektedir. Öte yandan dil, ağız tabanı ve alt dişeti kanserlerinin bölgesel lenf nodu metastaz riski daha yüksektir ve bu sebeple prognozu daha kötüleşmektedir (5).

Başlangıç tedavisine karar vermeden önce primer tümörün boyutlarıda büyük önem taşımaktadır. Küçük ve yüzeysel tümörlere ulaşmak kolaydır, ancak daha büyük boyutlardaki tümörler için daha ileri cerrahi gerekebilmektedir. Buna ek olarak tümörün büyüklüğü, boyuna metastaz olabilmesi ve mikrometastaz olması risklerini barındırmaktadır.

Ağız kavitesinde ve orofarinkste görülen kanserlerin, aynı ilerleme derecesinde bulunanlardan anteriorda lokalize olanların bölgesel lenf nodlarına metastaz ihtimali, posteriorda bulunanlara göre daha düşüktür (5).

Klinik olarak palpe edilebilen oral kanserlerde lenf nodu metastazı bulunuyorsa cerrahi tedavinin bir parçası da boyun diseksiyonu olmalıdır. Boyun diseksiyonunun genişliği metastaz bulunan nodun genişliği ve palpe edilebilen lenf nodunun lokalizasyonuna göre yapılır. Ağız kanserlerinde lenf nodlarının lokalizasyonu 1 ,2, 3 seviyesinde ve daha nadir olarak 4 seviyesinde görülür. 5 seviyesinde görülmez. Ancak, boyunun anterior üçgeninde görülen büyük metastazlarda, kapsamlı diseksiyon gerekmektedir ve bütün seviyelerdeki lenf nodlarına diseksiyon önerilmektedir (20).

Primer tümörün histolojik özellikleri tedavi seçeneğine karar vermede önemlidir. Skuamoz hücreli karsinoma ağız kavitesinde yaygın görülmektedir ve ağız içinde görülen primer malign karsinomaların içinde %90 oranında görülür. İkinci en sık

görülen malign tümörler ise minör tükrük bezlerinden gelişenlerdir. Primer mukozal melanoma ve yumuşak dokudan gelişen malign tümörler çok nadir görülür. Lenfoma haricinde bütün ağız kavitesindeki malign tümörler cerrahi ile tedavi edilebilirler. Histolojik olarak patolojinin derecesi (grade) agresifliğini göstermektedir.

Bunun yanında tedavi protokolünü etkileyecek ve prognozu belirleyecek önemli patolojik özelliklerden biride invazyonun derinliğidir. İnsitu kanserler ve yüzeysel invaziv lezyonlar, bölgesel lenf nodu metastazı için düşük risk oluştururlar ve prognozları iyidir. Bunun yanında daha büyük ve derine infiltrasyon gösterenler, lenf nodu metastazı için daha yüksek risk oluştururlar (21). Derin invazyon genellikle zor anlaşılır, palpasyon ile muayene iyi bir indiktor olarak kullanılabilir. İlerlemiş ve büyük tümörlerde, kombine tedavi tercih edilmektedir.

2.4.2. Hasta Faktörleri

Hastanın yaşı, genel sağlık durumu, tedaviye olan toleransı, mesleği, yaşam şekli ve alışkanlıkları (sigara, alkol) ve diğer sosyoekonomik faktörler etkilidir. Hastanın yaşının ileri olması ve sistemik hastalıklarının bulunması, örneğin kardiyopulmoner hastalığı olması, ileri cerrahi işlemlerde morbidite ve mortaliteyi artırmaktadır (22).

Bölgede yapılmış olan daha önceki tedavi hikayesinde kararı etkileyecektir. Daha önce radyoterapi uygulanan hastaya, aynı bölgede ikinci farklı bir tümör geliştiğinde, tekrar radyoterapi önerilmemektedir. Bunun yanında daha önce kanser tedavisi görmüş bir bölgede, cerrahi girişim sonrası yara kapatılması ve uygulanacak rekonstrüksiyonda dikkatli karar verilmelidir. Rekonstrüksiyon yapılırken sekonder komplikasyonları önlemek için, radyoterapi uygulanmamış bölgeden alınan muskulokutanöz flepler veya serbest doku transferleri uygulanmalıdır.

2.4.3. Doktor Faktörleri

Oral kanser bulunan hastalarda tedavi için, multidisipliner bir takım çalışması gerekmektedir. Cerrahi yaklaşım, radyoterapi, kemoterapi, dental ve protetik destek, fizikososyal destek ve rehabilitasyon sağlayacak koordineli çalışan bir ekip, tedavinin başarılı olması için gerekmektedir.

2.1.5. Mandibulada Tümör Yayılımı

Ağız boşluğu, baş ve boyun bölgesinde görülen malign tümörlerin en yaygın görüldüğü lokalizasyondur. Ağız taban mukozasının ve dentoalveoler yapıların tümörle ilişkisi, tümörün yayılmasında ve tedavi planlamasında önem taşımaktadır (23).

Marchetta ve ark. (24) ve Carter ve ark. (25) çalışmalarında, segmental mandibulektomi sonrası elde edilen spesimenlerin anatomik ve histolojik analizleri sonucunda, oral kavite tümörlerinin mandibulayı genellikle direk genişleme ile etkilediğini, lenfatik kanallar ile pek etkilemediğini göstermişlerdir. Bu sebeple mandibulanın bir parçasının rezeksiyonu olan marjinal mandibulektomi onkolojik olarak mümkün olabilmektedir.

Gingivobukkal kompleks kanserleri, mukoza yüzeyinde veya submukozal yumuşak dokuda, bukkal ve labial gingivaya ilerler. Bu noktadan sonra tümör hücreleri, periosteumun bu ilerlemenin önünde bir bariyer görevi görmesi sebebiyle, doğrudan kortikal kemiğe doğru ilerleyemez.

Tümör hücreleri mandibulada alveole ulaştığında, dental soketlerdeki boşluklar sayesinde, bağlantı epitelinden alveole ilerler. Bu hücreler kök yüzeyinde ilerleyip, mandibulanın kansellöz kısmını etkiler ve inferior alveolar kanala ulaşırlar. Dişsiz hastalarda ise, alveoler kemiklerdeki porlar ve küçük boşluklar sayesinde invazyon gösterirler. Bu yayılım yollarını bilmek, cerrahi rezeksiyon şekline karar vermede önemlidir (5,26).

2.1.6. Mandibuler İnvazyon Patofizyolojisi

Ağız boşluğunda görülen malign tümörler içerisinde en sık karşılaşılan kanser şekli skuamoz hücreli karsinoma'dır (27). Oral kavitede görülen skuamoz hücreli karsinoma, dünyada görülen kanserler içinde görülme sıklığı bakımından 12. sırada yer almaktadır. Erkeklerde 8. Sıklık derecesine yükselmektedir (14,28). Ağız içinde görüldüğünde en çok dilde ve ağız tabanında görülmektedir. Dolayısıyla mandibulada yapılan rezeksiyonlar genellikle skuamoz hücreli karsinoma sebebiyle olmaktadır.

Mandibulada yapılacak cerrahiye karar vermede histolojik özellikler ve tümör invazyon yolları önemli kriterlerdir. Bu bilgiler ışığında baş boyun cerrahları cerrahi prosedürde, patolojiden etkilenmemiş kenarlara ulaşana kadar mümkün olduğunca sert ve yumuşak doku koruyarak, en iyi fonksiyonel ve kozmetik sonucu elde etmeye çalışırlar.

Totsuka ve ark. (29,30,31) skuamoz hücreli karsinomanın, alt çene ve gingivada görüldüğünde iki şekilde kemiği etkilediğini bildirmiştir. Bunlar, ekspansif (eroziv); eğimli sınırları olan ve konkav görüntü veren veya infiltratif; kemik yıkımıyla ilerleyen, agresif ve boşluklara doğru ilerleyen, şeklinde tanımlanmıştır.

Histopatolojik özellik olarak infiltratif yayılımda, tümör mandibulaya direk kortikal kemik üzerindeki defektlerden veya periodontal aralıktan veya kemiği yıkıma uğratarak kansellöz alandan ilerlemektedir. Daha sonra periostu ve inferior alveolar siniri etkilemektedir. Parmakçıklar ve adacıklar halinde, irregular ve bağımsız olarak bağ dokusu tabakasını etkilemeden, kansellöz alanlara küçük osteoklastik aktivite ile nüfuz etmektedir (32,33). Radyolojik olarak hastalıklı, irregüler bir doku görüntüsü verirler (30).

Ekspansif yayılımda ise, kemiği tümörün hemen yanında erozyona uğratarak etkilemektedir. Bu ilerleme şeklinde, tümöral dokunun periodontal aralıkla, nörovaskular kanalla, inferior alveolar sinirle ilişkisi bulunmaz ve tümör periosta invazyon göstermez. Yayılım geniş bir şekilde olur ve bağ dokusu tabakasında etkilenir. Aktif osteoklastlar tümör ve kemik arasında keskin bir yüzey oluştururlar. Radyografik olarak, iyi sınırlı radyolusent alan görünür ve herhangi bir kemik uzantısı görülmez.

1995'de Brown ve Browne (34) yayınladıkları makalede tümör ekstensiyonu sonucu kemik içinde yayılım arttığında, eroziv yayılımdan infiltratif yayılıma doğru bir geçiş olduğu yönünde bir kanıt bulduklarını göstermişlerdir. 2000 yılında Wong ve ark. (35) invazyon şekline göre hasta survival oranlarını değerlendirmişlerdir. 3 yıllık dönemde infiltratif yayılımda %73, eroziv yayılımda %30 nüks görülmüştür. Böylelikle, invazyonun histolojik yayılım şeklinin biyolojik olarak tümörün agresif davranışını etkilediği gösterilmektedir. İnfiltratif yayılım daha agresif ilerlemektedir.

Histolojik incelemede invazyonun sınıflandırılması şu şekilde yapılmaktadır. İnvazyon kortikal kemikte sınırlı kalmış ve daha ileri gitmemişse yüzeysel invazyon, kansellöz ve medüller kemik invazyonu bulunuyor ise ve inferior alveolar kanal etkilenmemiş ise orta seviyede invazyon, inferior alveolar kanala ulaşmış ise derin invazyon olduğuna karar verilmelidir (36).

Lam ve ark (36) seri olarak tam organ histolojik kesitlerinde yaptığı incelemelerde, derin invazyon bulunmadığında yani mandibulada alveolar kanala kadar ulaşılmadığında, kanser hücrelerinin tümörün bulunduğu yerden daha ileri yayılımının genellikle ya çok az miktarda görüldüğünü, ya da hiç görülmediğini bildirmişlerdir. Dolayısıyla, alveolar kanala kadar yayılmamış tümörlerde marjinal mandibulektomi uygulanabilir, yorumları yapılmaktadır.

Tümörün mandibulaya girişinde birçok yol bulunmaktadır. Bu invazyon yollarını bilmek marjinal rezeksiyona karar verebilmek için önemlidir. Ağız kavitesi karsinomaları mukoza yüzeyinde ilerler ve submukozal yumuşak dokularda yapışık gingivaya ulaşana kadar ilerler, böylece mandibula periosteumu ile kontağa gelirler. Dişli hastalarda, tümör hücreleri oklüzal yüzey boyunca dental aralıklarda ve sokette ilerlemektedir. Yani, tümörün kortekse direk fikse olması sıklıkla görülmez (B8). Dişsiz hastalarda ise, tümör hücreleri alveolde oklüzal yüzey boyunca göç ederler. Mandibulaya dental yarıklardan ve boşluklardan, özellikle diş kaybı olan lokalizasyonlardaki kortikal kemik defektlerinden yayılırlar (26,37). McGregor ve McDonald (26) inferior alveolar sinirin de tümör tarafından invaze olabileceğini, böyle durumlarda marjinal mandibulektomi ile birlikte mandibular kanalın da rezeke edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Bu görüşe destek olarak Brown ve ark. (37, 38) tümöral hücrelerin inferior alveolar sinir boyunca veya kemik iliği boyunca medüller alanda ilerleyebildiğini bildirmişlerdir.

Daha az görülen diğer yayılım yolları ise, mental kanal yoluyla ilerleme ve mandibula alt kenarının direk yayılımla servikal lenf nodları tarafından etkilenmesidir. 2003'de Brown (38) tümörün mandibulaya girişi için belli bir yol bulunmadığını, bunun primer tümörün lokalizasyonu ile alakalı olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, eroziv yayılım gösteren patolojilerin yüzeysel mandibula invazyonu gösterdiğini ve böyle vakalarda marjinal rezeksiyonun uygun olduğunu bildirmişlerdir.

McGregor ve MacDonald'a (39,26) göre oral kanser sebebiyle invazyon birçok bölgeden gelişebilmesine karşın, en çok kret tepesinden başlamaktadır. Slootweg ve Muller'de (32) bu bulguyu destekleyici çalışmalarında, invazyonun kret tepesinden aşağıya doğru ilerlediğini göstermişlerdir. Dişsiz hastalarda ise invazyon kortikal kemikteki defektler boyunca olmaktadır. Önde ilk başladığı yerde geniş şekilde ve kansellöz boşlukları dolduracak şekilde yayılır. Ayrıca, eroziv ve infiltratif invazyonun spesimenlerdeki görülme oranının eşit olduğunu kaydetmişlerdir.(30,40)

Lukinmaa ve ark. (40) karsinoma kemik ara yüzünün, genellikle eğimli bir şekilde olduğunu ve tümörün doğal kavitelere doğru büyüdüğünü ve infiltre olduğunu söylemiştir.

İnvazyonun şekli radyoterapi tarafından da belirgin şekilde etkilenmektedir. Radyoterapi mandibulaya uygulandığında endotelial kan damarlarında belirgin hasar oluşturur ve periostal vaskülarite uzun süreli zayıflar. Bu sebeple alveolde geçici osteitis gelişebilmektedir ve rezeksiyon cerrahisi sonrası komplikasyonlar artmaktadır (17).

Histolojik değerlendirmede dekalsifiye spesimenlerin incelenmesi sonucu, radyoterapi almamış mandibulada çok sıklıkla tümör tek odaklı olarak görülmektedir. Daha önce radyoterapi uygulanmış mandibulada ise genellikle multifokal yayılım görülmektedir (26,16,41,26). Bunun sebebi ise, radyoterapi uygulandıktan sonra uzun süre periostun iyileşme potansiyelinin baskılanması ve tümöral invazyona bir bariyer görevi yapamaması olarak gösterilmiştir. Bu sayede tümör hücreleri mandibulayı multifokal olarak etkileyebilmektedirler. Ayrıca radyasyon almamış mandibulalarda %53 oranında tümör hücreleri etrafında yeni kemik yığılması görüldüğü bildirilmiştir (26). Bu osteoblastik aktivite, radyasyon

almış mandibulalarda belirgin şekilde bozulmaktadır. Bu hastalarda tümörün kemik içinde direk ekstensiyon riski, bozulmuş kemik yapımı sebebiyle artmaktadır. Böyle durumlarda alveolde patolojik kırık oluşma ihtimali çok yüksektir. Bu sebeple daha önce radyoterapi uygulanan mandibulada marjinal rezeksiyon tartışmalıdır. Birçok baş ve boyun cerrahı, onkolojik prosedürde radyoterapi almış hastalarda marjinal rezeksiyonu uygun bulmamaktadırlar ve segmental mandibulektomiye primer tedavi olarak kabul etmektedirler (1,16).

2.1.7. Marjinal Mandibulektomi Endikasyonları

1. Klinik ve radyografik olarak mandibula invazyonu bulguları olan küçük boyuttaki skuamoz hücreli karsinoma bulunuyor ise;
2. Mandibulaya yapışık tümör kitlesi bulunuyor ise;
3. Direk grafi, ortopantomografi veya bilgisayarlı tomografide görülen mandibula tümör invazyonu varlığında;
4. Ağız kavitesinde ulaşımı zor bir bölgedeki primer tümörün üç boyutlu olarak sınırlarına ulaşabilmek için;
5. Primer tümör mandibula ile komşulukta ise;

marjinal mandibulektomi uygulanabilmektedir.

Uygulanacak rezeksiyonun belirlenmesi, klinik ve radyolojik olarak patolojinin kemiğe invazyonunun derecesine bağlıdır. Ayrıca rezidüel kemiğin yüksekliğine ve kalınlığına bağlıdır. Yaşlanma ile birlikte alveoler preçes rezorbe olur ve mandibular kanal, alveoler proçesin yüzeyine doğru yaklaşır. Böyle durumlarda marjinal mandibulektomi uygulanmamalıdır. Mandibula korteksini yüzeysel olarak etkileyen tümörlerde, öncesinde radyoterapi hikayesi varsa bile göz ardı edilerek marjinal rezeksiyon genellikle planlanır (42). Eğer invazyon, mandibular kortekse

kadar derinlemesine ilerlemişse, yine de marjinal mandibulektomi düşünülebilir ancak rezeksiyon sonrasında mandibula alt kenarında mastikasyon esnasındaki kuvvetlere yeterli yapısal destek sağlayabilmesi için en azından 1 cm'lik rezidüel kemik korunabilmelidir (43,44).

Segmental rezeksiyon ise, tümöral doku çok ileri derecede medüller kemiği etkilemişse veya mandibula atrofik ve ince ise, marjinal rezeksiyon yeterli miktarda rezidüel kemik kalmasını sağlayamayacaksa uygulanmalıdır. Kanseri sebebiyle, mandibulanın kansellöz kısmını etkileyen geniş invazyon bulunması halinde, mandibulanın metastatik tümörlerinde, inferior alveolar kanal veya sinire tümör invazyonunda ve mandibula etrafındaki yumuşak dokunun geniş bir şekilde etkilenmesi durumunda, segmental mandibulektomi uygulanmalıdır (5).

Bazı durumlarda, ağız tabanında bulunan bir tümör mandibula ile hem klinik hem de radyolojik değerlendirmelerde de ilişkili bulunmadığı tesbit edilmiş olsa bile, ağız hijyeninin kötü olması veya tümöral dokunun dental dokularla yakın ilişkide bulunması sebebiyle yeterli mesafe elde edilemeyebilir. Böyle durumlarda genellikle marjinal mandibulektominin çürük dişleride içine alarak, tümör rezeksiyonunun devamı şeklinde uygulanması gerekebilmektedir.

İntraoperatif olarak tümöral doku ile kemik sınırlarını belirleyememek karar vermeyi kompleks hale getirmektedir. Tarihsel olarak ağız kavitesinin tümörlerinin lenfatikler yoluyla mandibula periosteumundan yayıldığı düşünüldü. Dolayısıyla tümörler genellikle segmental mandibulektomi ile tedavi edilirlerdi. Ancak yapılan çalışmalarda, malignansilerin mandibulaya sıklıkla doğrudan invaze olarak yayıldığını, lenfatikler yoluyla pek yayılmadığı gösterilmiştir. Bu sebeple marjinal mandibulektomi uygulama sıklığı artmaktadır (24,25).

2.1.8. Marjinal Mandibulektomi Avantajları

Oral maksillofasiyal cerrahi deneyiminde segmental rezeksiyon yerine marjinal mandibulektomi tercih edilmesinin getirdiği bazı avantajlar bulunmaktadır.

Bu avantajlar;

- 1) Hasta için konfor artışı ,
- 2) Postoperatif fonksiyon kaybının az olması ,
- 3) Daha hızlı iyileşme,
- 4) Maliyetin azalması ve uygulanan işlemin hasta ve hekim açısından daha kolay olması,
- 5) Estetik ve hasta kabulünün iyi olması ,
- 6) Rekonstrüksiyon ve rehabilitasyonun daha iyi sağlanabilmesidir.

Mandibulanın yapısal bütünlüğünün korunması, yutkunma çiğneme ve konuşma gibi fonksiyonların sürdürülebilmesi için çok önem taşımaktadır. Aynı zamanda estetik olarak yüzün görünümü hastaların sosyal yaşamlarında ve öz güven açısından önemlidir.

Ancak bu avantajların yanında, marjinal rezeksiyon sonrası rezidüel mandibulanın yapısının zayıflaması, postoperatif dönemde mandibulada patolojik kırık oluşma ihtimalini doğurmaktadır.

2.1.9. Marjinal Mandibulektomi Tekniği

Dişli mandibulada rezeksiyon planlamasında, patoloji ile ilişkili olan dişler veya çürük sebebiyle alınacak dişler değerlendirilerek rezeksiyon sınırlarına karar verilmelidir. İnsizyon rezeksiyonun kapsayacağı diş köklerini ve onkolojik olarak çıkarılacak sahayı içine alacak şekilde yapılır. Mukoperiosteal lambo kaldırıldıktan sonra testere yardımıyla devamlılık sağlayarak üç boyutlu olarak kesi yapılır. Rezeksiyonun kenarları ve özellikle köşeleri keskinlik kalmayacak şekilde traşlanmasının iyileşmeyi kolaylaştıracak ve stres yoğunlaşmasını azaltacak bir faktör olduğu belirtilmektedir (1).

Bu teknik uygulanması ile mandibulanın devamlılığı sağlanacağı için ayrıca rekonstrüksiyon gerekmeyecektir ve sadece yumuşak doku rekonstrüksiyonu yapılması tavsiye edilmektedir. Ayrıca, teknik uygulanmasını takiben, reziduel mandibula segmentinin bikortikal olarak 1 cm'nin altında kalması durumunda, serbest osteotokutanöz doku transferi yapılmasının, mandibulaya ek yapısal destek sağlayacağı düşünülmektedir (1).

2.1.9.1. Reverse Marjinal Mandibulektomi

Klasik marjinal mandibulektomiye alternatif olarak literatürde "reverse marjinal mandibulektomi" terimi gündeme gelmiştir. Bazı durumlarda hastalarda ağız kavitesi karsinomalarına sekonder olarak gelişen lenfatik invazyon eşlik eder. Lenf nodları mandibulanın alt kısmında fiks olabilirler. Bu durumlarda radyolojik olarak ve klinik olarak da mandibulanın üst kısmı ile alt kısmının tümör bakımından ilişkisi değerlendirilip, alveolün sadece alt kısmı rezeksiyona dahil edilebilir. Bu teknik uygulanırken de rezeksiyon sınırlarında keskin köşeler kalmamasına özen gösterilmesine vurgu yapılmaktadır (1).

2.1.9.2. Posterior Marjinal Mandibulektomi

Retromolar trigonum bölgesi, ağız boşluğunun en arka kısmında bulunur ve mandibulanın yükselen kısmında piramid şeklinde mukozanın kapladığı, lateralde bukkal mukoza, medialde tonsiller fossa , üstte maxiller tuberosite ve altta molar dişlerle sınırlı bir alandır. Malign neoplazmlar için çok sık görülen bir lokalizasyon değildir.

Byers (45) 1984 yılında posterior orofaringeal kanserlerde, özellikle retromolar trigonum bölgesi kanserlerinin cerrahisinde mandibulanın posterior marjinal rezeksiyonunu tanımlarken, koronoid prosesi de içine alarak tanımlamıştır. Bu yöntem, klinik ve radyolojik olarak kemik invazyonu belirtisi yok ise mandibula alt kenarında yeterli kemik marjini bırakacak ve lokal rekürrensde önleyecek bir cerrahidir. Böylelikle kozmetik olarak iyi bir sonuç elde edilir ve fonksiyon kaybı azaltılmış olur. Onkolojik olarak elde edilen sonuçlara ek olarak, hastalardan elde edilen sonuçlarda, toplam fonksiyon ölçümlerinde ve hastalığa spesifik fonksiyon ölçümlerinde, yaşam kalitesinin segmental rezeksiyona göre arttığı tesbit edilmiştir (45,46,47).

2.2. SONLU ELEMANLAR ANALİZİ

1950'li yıllardan itibaren bilgisayar ve elektronik hesap makinaları konusunda pek çok ilerlemeler kaydedilmiştir. Karmaşık ve yoğun hesaplamaların çok daha doğru ve hızlı bir çözümü bu sayede mümkün hale gelmiştir. Şu anda var olan çözüm yöntemlerinin yaklaşık yöntemler oluşu ve bilgisayarla çözümleme için uygun olmayışı sebebiyle yeni metodlar üzerinde çalışılmıştır.

Bu araştırmalar neticesinde sonlu elemanlar metodu geliştirilmiştir. Metod, genel bir yaklaşım ile bütünü sonlu sayıda elemanlara bölmekte ve sistemin genel

davranışını sistemi oluşturan elemanların davranışlarının ayrı ayrı süperpozisyonu ile açıklamaktadır.

Sonlu elemanlar yöntemi; malzeme özelliklerinin çeşitliliğini ve sınır koşullarının farklılığını güçlükle karşılaşmadan bağdaştırabilen, uygulaması kolay, çok yönlü sayısal analiz yöntemlerinden biridir.

Sonlu elemanlar analiz yöntemi her türlü yapının tasarımında ve     m nde, çeşitli mühendislik alanlarında sıklıkla kullanımının yanında, tıp alanında da kullanılmaktadır. Oral ve maxillofasiyal cerrahi ve ortopedide kullanılan materyallerin biyomekanik özelliklerini uygun yükleme koşulları altında test etmek amacıyla da stres analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Mandibulaya yapılabilecek osteotomi alternatiflerinde çeşitli kuvvetler uygulandıktan sonra stres birikecek noktalar ve oluşan stresin büyüklüğü ve dolayısıyla mandibulanın yükler karşısındaki direnci farklılık gösterebilmektedir. Sonlu elemanlar analizi, osteotomi sonrası mandibulada oluşan streslerin test edilmesinde sık kullanılan, kuvvetlerin değiştirilebildiğ , kullanılan materyallerin özelliklerinin tanımlanabildiğ  ve elde edilecek sonuçların da objektif olarak ve net bir şekilde simüle edilebildiğ  bir yöntemdir.

    m n doğruluğ  için modellemenin doğru yapılması, davranış biçiminin ger eğ e en yakın şekilde temsil edilmesi gerekmektedir.

2.2.1. Sonlu Elemanlar Yönteminin Tarihçesi

Sonlu elemanlar kavramı yüzyıllardan beri çeşitli şekillerde kullanılmaktadır. Kavramın dayandığı ana fikir, daima gerçek problemin daha basit olanı ile yer değiştirmesidir. Sonlu elemanlar metodunun mantığı, basitleştirilmiş problem

özldğnde sonucun gerçek çözümü tatmin edici yaklaşıklıkla yansıttığı varsayımına dayanır. Günümüzde modern sonlu elemanlar yönteminin temel mantığı, basitleştirilmiş problemi diğeriyle yer değıştirip çözmektir.

Bu konuda ilk uygulama, geometri alanında iki bin yıl önce matematikçiler tarafından dairenin alanını ve çevresini hesaplarken yapılmıştır. Daireyi poligonlara ayırıp, basitleştirilmiş bir problem olarak çözmek sonlu elemanlar yönteminin karakteristiğini göstermektedir (48).

Antik kayıtlar, Mısırlıların M.Ö.1800’de piramidin alanını ve kürenin alanını hesaplamada sonlu elemanlar analizini kullandığını göstermektedir. Yine, Arşimet’in katıların hacmini hesaplamada sonlu elemanları kullandığı bilinmektedir (48).

1940’lı yıllarda uzay ve uçak mühendisliği alanındaki çalışmaların genişlemesi sebebiyle, sayısal yöntemler önem kazanmış ve yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Langefors ve arkadaşları tarafından, yapısal analizin matris formülasyonuna dayanan bu metod tanımlanmıştır. 1956 yılından sonra bilgisayardaki hızlı gelişme, matris yöntemlerinin ve sonlu elemanlar tekniğinin gelişimine yol açmış ve her geçen yıl sonlu eleman teknikleri ve matris metodları üzerine bilimsel makaleler yayınlanmıştır (48).

Sonlu elemanlar metodu ilk olarak 1956 yılında clough ve arkadaşları tarafından bulunmuş ve uçak mühendisliğinde kullanılmıştır (49,50,51,52). Daha sonra ısı transferi, akışkanlar mekaniğı, akustik, elektromanyetizma ve biyomekanik gibi birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Teknolojinin ilerlemesiyle paralel olarak

1970'lerde olgun hale gelen yöntem, günümüzde makine, elektrik, uçak, inşaat, hidrodinamik, atom gibi çeşitli mühendislik alanlarında kullanılmaktadır (49,50,52). Ayrıca tıp alanında ortopedi, kalp ve damar cerrahisi ve estetik cerrahide de kullanılmaktadır (52,53).

Diş hekimliğinde ilk kez Ledley ve Huang'ın matematiksel bir diş modeli oluşturmasıyla kullanılmaya başlanmıştır. Yöntemin bugünkü anlamıyla diş hekimliğinde uygulanması ise, 1970'li yıllarda Farah ve arkadaşlarının yaptığı bir araştırma ile başlamıştır (49,50,52,53,54). Yine 1973 'te Thresher ve Saito, sonlu elemanlar analizini kullanarak dişlerdeki gerilmeleri incelemişlerdir (55).

2.2.2. Temel Mekanik Kavramlar

2.2.2.1. Kuvvet

Cisimlerin hareket durumlarını veya şekillerini değiştirebilen etkiye kuvvet denir. Diğer cisimler tarafından yapılan etkiye dış kuvvet; cismin düşünülen çeşitli parçaları arasındaki etki ve tepki kuvvetlerine ise iç kuvvet denir. Mekanik bir cismin tümü üzerine etki eden kuvvetler incelenirken cisim parçalara ayrılır ve her parça sanki diğerinden bağımsızmış gibi ayrı bir cisim gibi düşünülür (56).

2.2.2.2. Gerilim (Stres)

Gerilim bir cisme dışarıdan bir kuvvet uygulandığı zaman uygulanan bu kuvvete karşı, o cisim içinde birim alanda oluşan tepkidir. Dış kuvvete karşı direnç gösteren bir kütlenin birim alanına uygulanan kuvvete gerilim denir ve ortalama formül gerilim için aşağıdaki gibi belirtilir.

$$\text{Gerilim} = \text{kuvvet} / \text{alan} \quad (S = F/A)$$

Birimi uluslararası birim sistemine göre N/m^2 dir. Psi (pounds per square inch) ve P (pascal) da kullanılır. Dişhekimliği konusundaki araştırmalarda incelenen boyutların genellikle milimetrik olması sebebiyle Mpa (megapascal) tercih edilmektedir. Kuvvet uygulanması ile üç tip gerilme oluşabilir. Bunlar temel olarak uzama, sıkışma ve makaslama gerilmeleridir. Kuvvet uygulanan cisimlerde genellikle saf bir gerilme oluşmaz. Bu üç gerilmenin birarada bulunduğu, bileşik gerilme durumları meydana gelmektedir (57).

2.2.2.3. Gerinim - Deformasyon

Gerinim, bir cisme bir kuvvet uygulandığında birim boyutta oluşan boyutsal şekil değişimidir. Cisme uygulanan kuvvetin etkisi ile meydana gelen boyutsal değişimin başlangıç boyuna olan oranına gerinim denklemi denir ve aşağıdaki gibidir.

Gerinim (strain) = Boyuttaki değişim / orijinal boyut

Gerinim elastik veya plastik ya da her iki halde birden olabilir. Elastik gerilmede, gerilim ortadan kalkınca cismin şekli eski haline döner. Gerinimin değeri genel olarak % ile ifade edilir. 1 strain %100 uzamayı gösterirken, 1000 microstrain %0.1 uzamayı gösterir (58).

Cisme uygulanan kuvvet, cismin dayanabileceği gerilim kuvvetinden büyük olursa, cismin yapı taşlarını bir arada tutan kuvveti aşmış olacağı için, cisimde kopma veya kırılma meydana gelebilir (58,59,60).

2.2.2.4. Gerilim Tipleri

Gerilim, vektörel bir nicelik olduğu için yönü ve büyüklüğü ile tanımlanır. Yönü açısından üçe ayrılır (58).

- 1- Çekme gerilimi (Tensile stres) : Cismin üzerine dik olarak uygulanan, moleküllerini birbirinden ayırmaya zorlayan, aynı doğrultuda veya ters yöndeki iki kuvvetin oluşturduğu gerilimdir.
- 2- Sıkışma gerilimi (Compressive Stress): Bir kütle kendini sıkıştırmaya veya kısaltmaya çalışan bir kuvvete maruz bırakıldığında, bu kuvvete karşı çıkan iç kuvvetlere sıkışma gerilimi denir.
- 3- Makaslama gerilimi (Shear stress): Cismin moleküllerini tabakalar gibi birbiri üzerinde yüzeye paralel yönde kaymaya zorlayan kuvvetlerin oluşturduğu gerilimdir.

2.2.2.5. Bileşik Gerilme Durumu

Pratikte cisimlere uygulanan gerilmelerin tek temel tipte olması güçtür. Yük uygulanan yapılarda, üç temel gerilmenin bir arada bulunduğu bileşik gerilme durumu meydana gelmektedir.

2.2.2.6. Asal Gerilim Değerleri

Kesme gerilimlerinin “0” olduğu durumda üç boyutlu elemanların asal gerilim değerleri elde edilir. Asal gerilim değerleri kemik gibi kırılğan materyallerin değerlendirilmesinde önemlidir. Maksimum asal gerilim pozitif bir değer olup, en

yüksek gerilme stresini ifade eder, minimum asal gerilim ise negatif değerdir ve en yüksek sıkışma gerilimini gösterir (61). Bir stres elemanında belirgin ölçüde hangi stres tipi daha büyük mutlak değere sahipse, o stres elemanı daha büyük olan stres tipinin etkisi altındadır. Örneğin bir düğüm noktasında gerilme stresi değeri 100 Mpa, sıkışma değeri – 40 Mpa ise, o düğüm noktasında gerilme stresi daha etkindir ve değerlendirilmesi gereken ana stres değeridir (62).

2.2.2.7. Hooke Kanunu

Birim şekil değiştirmeler ile gerilmeler arasında doğrusal bir ilişki olduğunu kabul eden bir kanundur.(Robert hooke 17.yy) Hooke kanunu belirli gerilme sınırları içerisinde cisimdeki gerilimin, gerinim ile doğru orantılı olarak arttığını öngörür. Gerilim ve gerilme arasındaki ilişkiyi gösteren eğri, cisme kuvvet uygulandığında cisimde ne kadar bozulma olacağını tahmin etmeye yarar. Bu eğrideki düz eğim kuvvet katsayısını (k) verir ve cismin sertlik derecesini gösterir. Yüksek esneklik katsayısı rijit, düşük esneklik katsayısı ise esnek materyalleri tanımlar (58,63,64,65).

2.2.2.8. Esneklik Katsayısı

Bir eksenindeki gerilim ile o eksen yönünde oluşan birim gerilmeyi ilişkilendiren katsayıdır. Malzemelerin türüne göre farklı değerler alır. Başka bir ifade ile gerilim-birim deformasyon doğrusunun eğimidir. Esneklik katsayısı, yük altındaki cismin moleküllerinin çekim kuvvetinin, birim uzamaya gösterdiği dirençtir. Sadece bir yönde etki eden gerilme durumunda, birim şekil değiştirmeye gösterdiği direncin bir ölçüsüdür ve her malzeme için farklıdır. Sert materyallerin deformasyona karşı iç direncinin yüksek olması nedeni ile esneklik katsayısı büyüktür. Kompakt kemiğin esneklik katsayısının yumuşak dokunun 6700 katı olması buna örnektir (66).

Esneklik katsayısını ilk defa hesaplayan İngiliz fizikçi Thomas Young'ın ismi ile 'Young's modülü' olarak da adlandırılmaktadır (66).

Esneklik katsayısı = gerilme /birim uzamadır.

2.2.2.9. Poisson Oranı

Bir objeye uygulanan belirli bir kuvvet altında materyalin boyca gösterdiği deformasyonun, kesitsel olarak gösterdiği deformasyona olan oranını ifade etmektedir. Yani Poisson oranı, bir eksenlerdeki gerilim ile bu gerilimin diğer eksenlerde oluşturacağı deformasyonu ilişkilendiren katsayıdır. Örneğin bir cisme çekme kuvveti etki ettiğinde, yükün geldiği yönde bir boy uzaması, yüke dik olan diğer boyutlarda ise bir boy kısalması görülmektedir. Sıkışma kuvvetleri altında ise cismin boyu kısalırken eni kalınlaşmaktadır. Bir yöndeki uzama diğer eksenlerde kısalmayla sonuçlanacağı için negatif değer taşır, ancak mutlak değer içinde kabul edilir.

Yumuşak olan materyaller çekme esnasında çapraz kesitte daha fazla azalma gösterirler ve poisson oranı daha yüksek olur (68,69).

Poisson oranı = Endeki birim uzama / Boydaki birim uzama'dır.

2.2.3. Stres Analiz Yöntemleri

Bir makine, cisim veya binanın elemanlarının maruz kalabileceği yükler altında oluşacak gerilmeleri ve kuvvetleri görmek ve tasarım aşamasında dayanımında fazla zorlanan elemanları tekrar dizayn ile daha güçlü seçmek, bir cismin üzerine

gelen kuvvetler altında gerilmelerin yoğunlaştığı bölgeleri görmek ve o cismin ideal şeklini saptayabilmek amacıyla stres analiz yöntemleri kullanılır.

Biyolojik dokularda (kemik, kas, diş) stres analizi yapmak, cansız malzemelerde analiz yapmaktan hem etik kurallar açısından, hem de klinik uygulanabilirlik açısından daha zordur. Bu yüzden canlı malzemenin bir modelinin oluşturulması yoluna gidilmiştir.

Bilimsel niteliği olan bir çalışma yapabilmek ve sonuçların gerçekliğe en yakın elde edebilmek ancak modelin gerçek organ ve dokulara ve restoratif malzemeye mümkün olduğunca benzemesi ve fonksiyonel uygulamanın da gerçekte organizmada etkili olan kuvvetleri şiddet, yön ve tip olarak taklit edebilmesi ile mümkündür (70).

Stres analiz yöntemleri şunlardır :

- 1) Sonlu elemanlar stres analiz yöntemi
- 2) Gerilim ölçerler kullanılarak yapılan stres analizi (strain gauge)
- 3) Lazer ışını ile yapılan stres analizi
- 4) Termografik stres analiz yöntemi
- 5) Fotoelastik kuvvet analiz yöntemi
- 6) Kırılabilir vernikle kaplama tekniği
- 7) Radyotelemetri ile kuvvet analizi

2.2.4. Sonlu Elemanlar Stres Analizi

Sonlu elemanlar analizi ilk olarak 1950’li yılların ikinci yarısında matematiksel stres analizleri yapan mühendisler tarafından ortaya konmuştur. Gerilme analizleri problemlerinin çözülmesi amacıyla, bir büyüklük alanının hesaplanması gerekmektedir. Gerilme analizinde bu değer deplasman alanı veya gerilme alanı; ısı analizinde sıcaklık alanı veya ısı akışı; akışkan problemlerinde ise akım fonksiyonu veya hız potansiyel fonksiyonudur. Hesaplanan büyüklük alanının almış olduğu en büyük değer pratikte özel bir öneme sahiptir.

Sonlu elemanlar yönteminde dört ana konudan söz edilebilir. Bunlar sonlu elemanlar teorisinin türetilmesi, gerçek problemi idealize ederek sonlu elemanlar problemine dönüştürmek, sonlu elemanlar teorisinin uygulanması için bilgisayar programlarının geliştirilmesi ve sonlu elemanlar çözümü için gerekli olan verilerin ve bilgilerin araştırılmasıdır. Çalışma programı bu konuları kapsayacak şekilde oluşturulmalıdır.

Sonlu elemanlar yönteminin ana ilkesi “sonlu elemanlar” olarak tanımlanan alt bölgelerden oluşan bir cisim, bir yapı kullanmaktır. Elemanlar “düğüm noktaları” denilen kesişen eklemlerden oluşur. Basit bir fonksiyon olarak gerçek yer değiştirmelerin dağılımları ve yer değişimleri her sonlu eleman için seçilir ve bunlara “yer değiştirme fonksiyonları” veya “yer değiştirme modelleri” denir. Yer değiştirme modellerindeki bilinmeyen büyüklük, düğüm noktalarındaki yer değiştirmelerdir.

Karmaşık geometrik yapılar bilgisayar ortamında, bir ağ yapıya (mesh) dönüştürülür. Bu yapıyı elemanlar (elements), bunlara bağlı düğüm noktaları (nodes) ve belirleyici sınır koşulları (boundary conditions) oluşturur. Cismin geometrisine uygun olarak elemanlara bölünmüş haline matematiksel model

denilmektedir. Küçük parçalar halinde elemanlar tarafından oluşturulan model, esas modelin orijinal özelliklerini göstermektedir (71).

Kuvvet dağılımının modelde hassas olarak elde edilebilmesi için mümkün olduğunca çok sayıda eleman kullanmak gereklidir (72). Belirli bir başlangıç noktasına göre, tüm düğümlerin eksenler üstündeki koordinatları saptanarak bilgisayara aktarılır. Model oluşturulurken, elemanların materyal özelliklerini belirleyen poisson oranı ve elastiklik modülü (young's modülü) değerleri bilgisayar programına tanıtılır. Modelde düğüm noktalarına dışarıdan en basit dış etken ve sınır koşulların uygulanmasıyla meydana gelen değişiklik durumları için matrisler oluşmakta, bu matrisler bilgisayar yardımıyla çözülmektedir (73,74,75). Bu sayede asal gerilimler (principal stress), eksenel gerilimler (axial stress), yer değiştirme değerleri (displacements), deformasyon değerleri veya eşdeğer gerilimler (equivalent principal stress) elde edilir. Bu veriler değerlendirilirken incelenen materyalin mekanik özellikleri göz önüne alınır. Kemik gibi kırılğan materyaller için asal gerilim (principal stress) değerleri önemlidir. Elde edilen verilerden en yüksek asal gerilim (maksimum principal stress) modelde oluşan en yüksek çekme tipi gerilimi, en düşük asal gerilim (minimum principal stress) ise modelde oluşan en yüksek sıkışma tipi gerilimi ifade eder. Von Misses Stres sonuçları çekilebilir materyaller için önemlidir. Örneğin implantta kullanılan titanyumda oluşan streslerin incelemesinde kullanılabilir. Ayrıca tüm yapıda oluşan stresler hakkında fikir vermektedir (76).

2.2.5. Sonlu Elemanlar Analizinin Avantajları

- 1) Katılar, malzemeler karmaşık bir geometriye sahip olsalar bile modellenebilir.
- 2) Değişik malzemelerden elde edilen cisimlerin analizleri yapılabilir.
- 3) Stres dağılımı ve deplasmanlar hassas bir şekilde elde edilebilir.

- 4) Doğru verilen malzeme değerleri ile gerçeğe çok yakın modeller elde edilebilir.
- 5) Non invaziv bir tekniktir.
- 6) Kuvvet uygulanması sonucu cisimde herhangi bir noktadaki stres miktarı ölçülebilir.
- 7) Çalışma eğer istenirse defalarca tekrarlanabilir.
- 8) Kraniofasial yapılar ve çevre dokular simule edilebilir.

Ayrıca sebep sonuç bağıntılarına ait problemler, tümel direngenlik matrisi ile birbirine bağlanan genelleştirilmiş “kuvvetler” ve “yer değiştirmeler” cinsinden formüle edilebilir. Bu özellik sayesinde problemin anlaşılması kolaylaşır. Analitik ve deneysel metodlardan daha hassas sonuç verir (77).

Bu avantajlarının yanında, bu yöntemin uygulanmasında ciddi bilgi birikimi gerekmesi, teknoloji ve zamana ihtiyaç duyulması, gerçek şartların katı modele uygulanmasının bilgisayar donanımı ve sonlu elemanlar paket programının kapasitesi ile sınırlı olması ve yapılan araştırmanın doğruluğunda büyük önem taşıyan malzeme özellikleri, uygulanacak kuvvetler ve sistemin yüklenmesi gibi bazı kilit özelliklerin doğru verilmesinin tamamen araştırmacının sorumluluğunda olması gibi dezavantajları bulunmaktadır.

Sonlu elemanlar yönteminin temel kavramı sürekli ortamların daha küçük parçalara ayrılarak analitik şekilde model elde edilmesi ve böylece oluşturulan elemanlar ile ifade edilmesi esasına dayanır.

2.2.6. Sonlu Elemanlar Metodunda Çözüm Tekniği

Karmaşık yapıya sahip cisimlerin incelenebilmesi için kurulan denklemleri analitik yollarla çözmek oldukça güçtür. Bu nedenle bu tip problemlerde sonlu eleman analizi gibi numerik yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Sonlu eleman analizi, karmaşık mekanik problemleri daha küçük ve basit elemanlara bölerek yüzey ve şekil fonksiyonlarının kullanımıyla ara değer bulundugu bir yöntemdir. Yani sonlu elemanlar yöntemi “parçadan bütüne gitme” genel prensibine dayanır. Sonlu eleman; iki veya üç boyutlu yapıların bir parçası ya da bir bölgesidir (78).

Kısaca tanımlamak gerekirse sonlu eleman analizi cismin bütününe fonksiyonel çözümünün yerine, her bir sonlu eleman için fonksiyonun çözümünü formüle eder ve bunları uygun bir biçimde bağlayarak cismin tamamına uygular.

Sonlu elemanlar analizi 3 aşamada gerçekleştirilir.

1. Hazırlık Safhası (Preprocessing)

Geometrik modelin oluşturulması, analiz yapılabilmesi için ilk aşamadır. Geometrik cismin elemanlara bölünebilmesi için bir ağ yapısına ihtiyaç vardır. Model oluşturulduktan sonra alan elemanlara bölünür ve bir ağ modeli oluşturulur. Ağ modeli oluşturmak sonlu elemanlar metodunun bel kemiğini oluşturur. Ağ oluşturma işlemi ile düğüm noktalarının ve elemanların koordinatları oluşturulur. Programa verilen değerlere karşılık, optimum sürede otomatik olarak düğüm noktalarını, elemanları sıralar ve numaralanmasını sağlar.

Ağ modelinde komşu elemanlar üst üste gelmez ve aralarında boşluk yoktur. Elemanların yapısı mümkün olduğunca basit olmalıdır. Her eleman için ayrı ayrı

kuvvet dağılımı bulunacağından, duyarlı analiz yapabilmek için eleman sayısı çoğaltılmalıdır. Tek boyutlularda doğrular, iki boyutlularda üçgenler veya paralelkenarlar; üç boyutlularda ise dört, beş ve altı yüzlü yapılar tercih edilir. Bir boyutlu cisimler birbirine düğümlerle, iki boyutlu cisimler çizgilerle, üç boyutlu cisimler düzlemlerle sonlu elemanlara ayrılacaktır. Bütün durumlarda cismi temsil eden elemanlar birbirine düğümlerle bağlıdır.

Genel olarak sürekli ortam veya problemin bölgesi için “cisim” terimi kullanılmaktadır (79). Bu yapı, eleman adı verilen belirli sayıda geometrik şekillere bölünür ve bu parçalar birbirine düğüm noktalarından bağlanırlar. Düğümler, komşu sonlu elemanları uçlarından birbirine bağlayan ve onları birarada tutan bağlantılardır. Düğümler kaldırıldığında sonlu elemanlar arasında fiziksel süreklilik olmaması sebebiyle elemanlar birbirinden ayrılır.

Eleman özellikleri toplanarak sistem özelliği belirlenmesi için, herbir elemanın rijitlik matrisleri tanımlanır. Daha sonra her bir elemanın rijitlik matrisleri toplanarak tüm sistem için “tümel direngenlik matrisi” (overall stiffness matrix) oluşturulur. Elde edilen deplasman ve rotasyonlar herbir eleman için oluşturulan alt denklem takımlarında yerine konularak tüm elemanların iç gerilmeleri tesbit edilir. Bu toplamada, cismin sonlu eleman modelindeki bütün düğümlerde kuvvetlerin dengesi ve yer değiştirmelerin sürekliliği sağlanır.

$$[K] \{\delta\} = \{P\}$$

$[K]$ = cismin tümel direngenlik matrisini,

$\{P\}$ = Tümel kuvvet vektörü

$\{\delta\}$ = bütün düğümlerde meydana gelen yer değiştirmeleri

göstermektedir.

Burada [] işareti kare veya dikdörtgen matrisleri, { } ise sütun vektör matrisini temsil eder.

Denklem incelendiğinde [K] nitelik bakımından, parçalara ayrılmış cisimde birim yer değiştirme oluşturacak kuvvetleri ifade eder. Cismin sonlu eleman katsayısını bir yaya eşdeğer olarak düşünürsek, K “yay sabitine” karşılık gelmektedir. Yer değiştirmelerden de değişimler ve zorlanmalar hesaplanabilir (80).

Aynı tip ve geometriye sahip elemanlar için bu cebirsel denklemler aynıdır. Elemanların geometrileri farklı olduğunda, her bir eleman için denklem tekrar çözülmelidir. Cismin bütün elemanları aynı geometride ise tek bir denklemin çözümü yeterli olacaktır.

2. Çözüm Safhası

Cismi etkileyen belirli sınır şartları için, belirli dış kuvvetler altında yukarıdaki denklem çözüldüğünde düğüm yer değiştirmeleri { δ } bulunur. Yer değiştirmelerden de, gerilmeler ve zorlanmalar hesaplanabilir.

Kısaca verilen bir problemi sonlu eleman metodu ile çözmek için sırası ile, cismi sonlu elemanlar sistemi halinde parçalara ayırma, cismi temsil eden elemanların herbirinin eleman direngenlik matrisinin ve özelliklerinin belirlenmesi, tümel direngenlik matrisinin [K] ve tümel kuvvet vektörünün {P} toplanması, { δ }’yı tayin etmek için belirlenmiş sınır şartlarıyla denklemin çözümü ve hesaplanan düğüm yer değiştirmelerinden, elemanların zorlanmalarının ve gerilmelerinin hesaplanması uygulanır.

Sonuçların değ erlendirilmesi safhası

Denklemlerin   z  m  tablolar, model görüntüleri veya grafikler aracılığı ile sergilenmektedir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

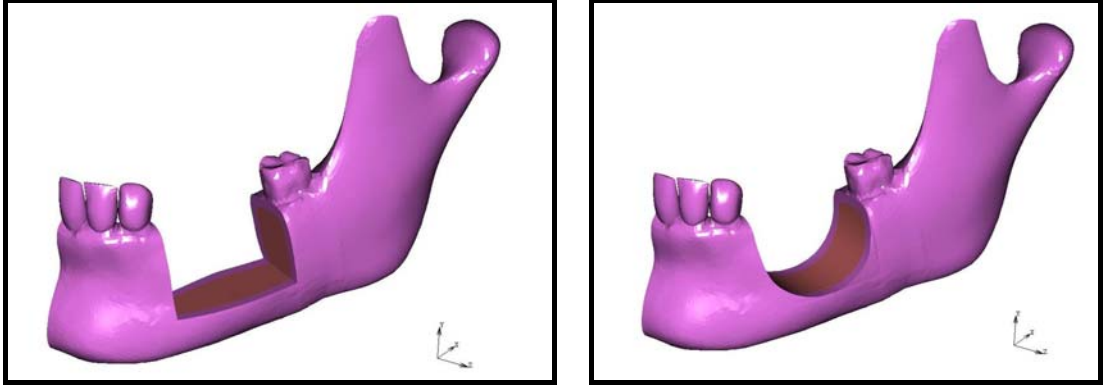
41 yaşındaki erkek mandibulasından alınan bilgisayarlı tomografi görüntülerinden elde edilen modellere, dikdörtgen ve yarım elips şeklinde yapılmış iki farklı osteotomi uygulanmıştır. Fonksiyonel okluzal yükleri taklit eden kuvvetler altında kemik yapısındaki meydana gelen gerilim ve gerilmeler üç boyutlu modelleme ve sonlu elemanlar analizi ile incelenmiştir.

İki farklı osteotomi üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak bilgisayar ortamında değerlendirilmiştir. Matematiksel olarak sonlu sayıda elemana bölünerek, cebirsel bir matris haline getirilen modeller, Intel Xeon CPU 2.40 Ghz (x2), 12 GB Ram, 64 bit operating system kullanan bir bilgisayar yardımı ile çözülmüştür.

Üç boyutlu sonlu elemanlar stres analizinin bilgisayarda çözümü için katı modelleme (solid modelling), ağ yapısının oluşturulması (mesh generation), eleman ve düğüm noktalarının belirlenmesi (elements and nodes), sınır koşullarının tayini (boundary conditions), modelin çözümü (model solution), analizlerin gösterimi (postprocessing) aşamaları takip edilmiştir.

3.1. Katı Modelleme

Çalışmada iki farklı osteotomi şekli modellenmiştir. Hazırlanan modellerden birincisine, köşeli kenarlara sahip dikdörtgen şeklinde, horizontal olarak uzunluğu 3.5 cm ve vertikal olarak derinliği 2 cm olan osteotomi yapılmıştır (Şekil 3.1). İkinci olarak hazırlanan mandibula matematiksel modeline ise eğimli bir şekle sahip olan yarım elips osteotomi yapılmıştır. Hazırlanan osteotomi en derin noktası ile kret tepesi arasındaki mesafe 2 cm olacak şekilde ve horizontal olarak osteotominin mesial ve distal noktaları arasındaki en uzun mesafe 3.5 cm olmak üzere hazırlanmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Köşeli osteotomi katı modeli **Şekil 3.2.** Eğimli osteotomi katı modeli

Mandibuladan bilgisayarlı tomografi ile 1 mm aralıklarla alınan kesitlerden elde edilen görüntülerle Marc Mentat 2008 R1 Software (MSC. Software Corporation 2 MacArthur Place Santa Ana, CA 92707) bilgisayar programı kullanılarak mandibulanın üç boyutlu yüzey modeli oluşturulmuştur.

İki farklı osteotomi şekli, çizimlerden yola çıkarak elde edilmiş olan modeller üzerinde simüle edilmiştir. Daha sonra bu veriler kullanılarak sonlu eleman modeli hazırlanmıştır.

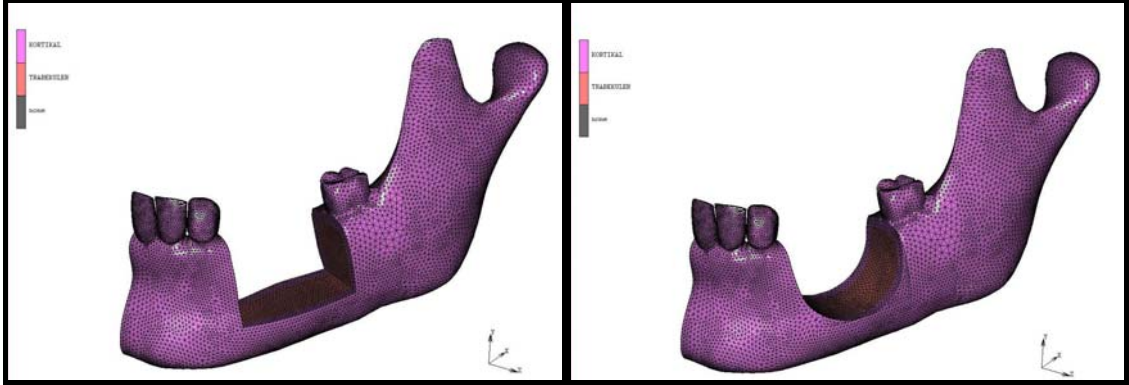
3.2. Ağ Yapısının Oluşturulması

Bu aşamada sonlu elemanlar yöntemi için gerekli olan modelleme için gerekli ağ yapı oluşturulur. Bu ağ yapı iki tipte hazırlanabilir:

1- Haritalama yöntemi (mapped meshing): Bu tip ağ yapıda eleman tipleri ve hacimleri kısıtlıdır. Sadece, tuğla (brick) ve kama (wedge) tipi elemanlar kullanılabilir.

2- Serbest yöntem (free meshing): Bu tip ağ yapıda ise elemanlar istenilen hacimde oluşturulabilir.

Çalışmamızda ağ model oluşturmak için serbest yöntem kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Köşeli osteotomi ağ modeli **Şekil 3.4.** Eğimli osteotomi ağ modeli

3.3. Eleman ve düğüm noktalarının belirlenmesi

Hazırlanan modellerde her bir eleman aşağıdaki özellikleri aracılığı ile tanımlanır:

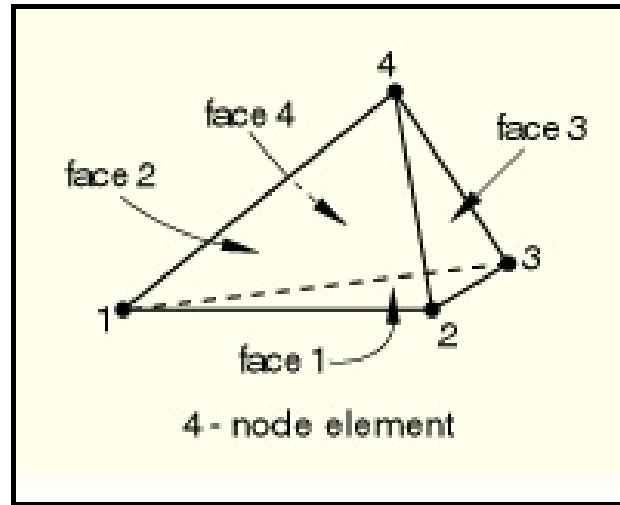
1- Türü: Eleman türü, elemanların fiziksel geometrilerini gösterir (1, 2, 3 boyutlu).

2- Sırası: Düğüm noktalarının sayısı temel alınarak eleman, elemanların sınırları içindeki ortalama interpolasyon fonksiyonunu belirler. Elemanın bir kenarı boyunca uzanan düğüm noktalarının sayısı, elemanın sırasını gösterir. Eleman sırası türe bağlıdır.

Tablo3.1. Modellerdeki eleman ve düğüm sayıları

Model Şekli	Eleman Sayısı	Düğüm Sayısı
Köşeli Model	141411	30319
Eğimli Model	145675	31019

3- Topoloji: Eleman topolojisi elemanın genel şeklini gösterir. Sonlu elemanlar modelini oluşturmak için çalışmamızda eleman tipi olarak 4 nodlu tetrahedron elemanlar kullanılmıştır (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. Tetrahedron eleman görünümü

4- Materyal özellikleri: Bu özellikler modelin karakterlerini tanımlar. Materyallerin mekanik özellikleri literatürlerden alınmıştır (81).

Tablo 3.2. Kullanılan materyal tipine göre esneklik katsayıları ve poisson oranları

Materyal Tipi	Esneklik Katsayısı (GPa)	Poisson Oranı
Kortikal kemik	14.8	0.3
Spongioz kemik	1.85	0.3

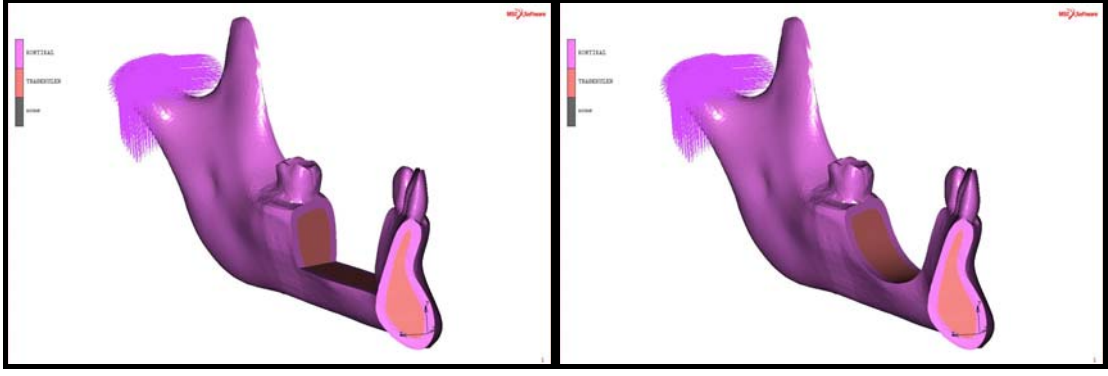
Modellerde kortikal ve spongioz kemik kalınlıkları bu konudaki çalışmalar gözönünde bulundurularak hazırlanmıştır (82). Modellerde kortikal kemik kalınlığı basis mandibulada 5.0 mm, kret tepesinde 2.0 mm ve osteotominin alt kenarında 2.5 mm olarak hazırlanmıştır. Analizde kullanılan tüm materyaller homojen, izotropik ve lineer elastik kabul edilmiştir.

3.4. Sınır Koşullarının Tayini (Boundary Conditions)

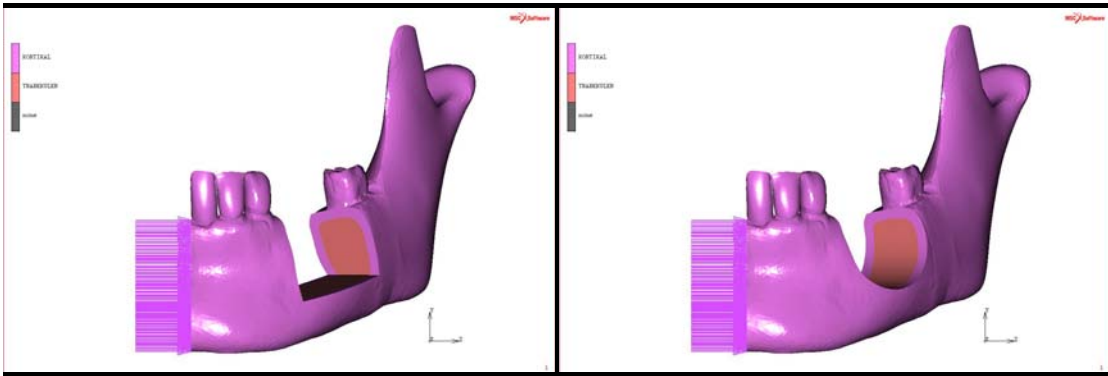
Modellere uygulanacak kuvvet miktarı, yönü, uygulamanın zamanlaması, tipi ve düğüm noktalarının serbestlik dereceleri analizin bu bölümünde belirlenir.

Statik ve dinamik olmak üzere iki farklı analiz yöntemi bulunmaktadır. Küçük miktarlarda ve tek yönlü kuvvet uygulandığında statik analiz ; kompleks, çok yönlü, aşırı miktarlarda kuvvet uygulandığında dinamik analiz kullanılır (83).

Sonlu eleman stres analizi çalışmalarında belirlenen modellerin uygulanan kuvvet karşısında sabitlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada modeller kondil bölgesinden sabitlenmiştir (Şekil 3.6.) ve anteriorda orta hatta simetri tanımlanmıştır (Şekil 3.7.).

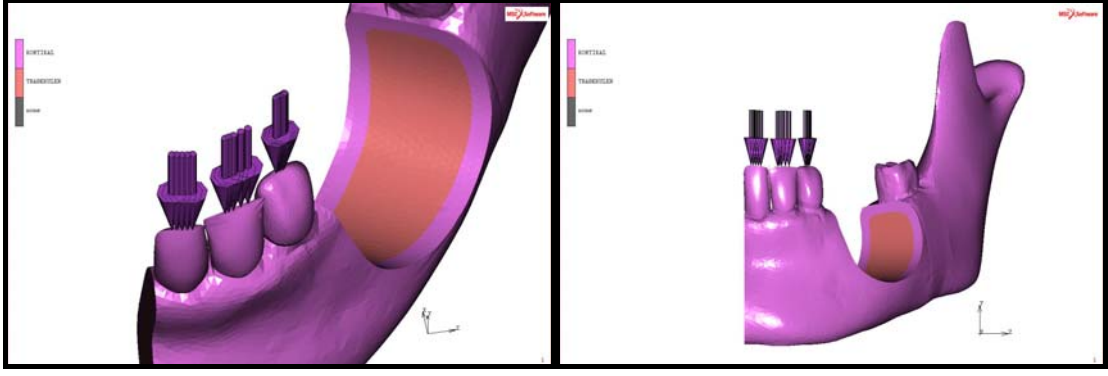


Şekil 3.6. Modellerin kondil bölgesinde fiksasyonu

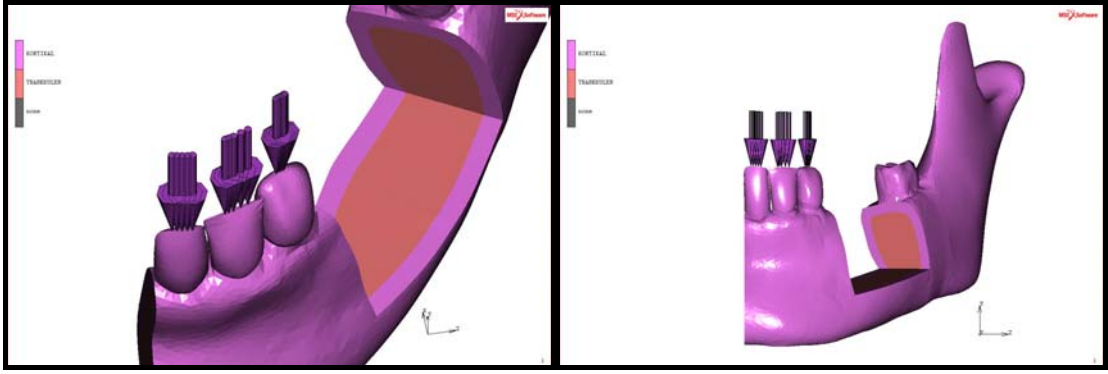


Şekil 3.7. Modellerde orta hatta simetri tanımlanması

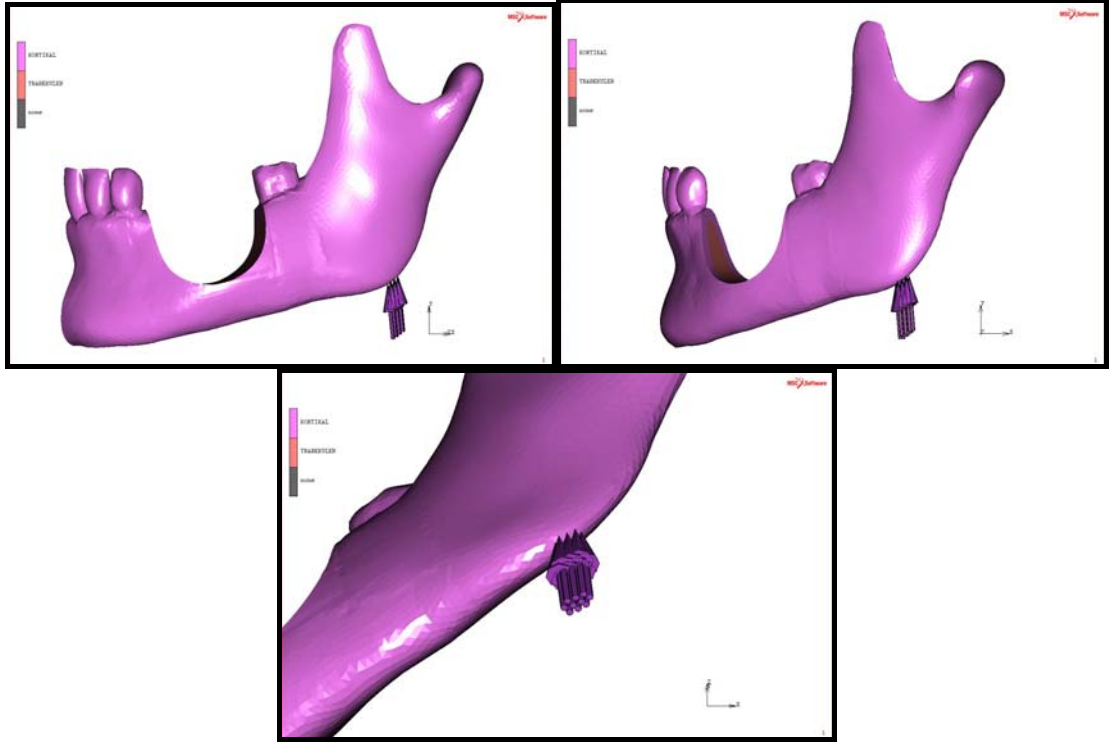
Çalışmada her iki modele anterior dişlerin insizal yüzeylerine dişlerin aksına paralel olacak şekilde, aşağı yönde vertikal (Şekil 3.8.), (Şekil 3.9.) ve mandibula açısı bölgesine yukarı yönde oblik (Şekil 3.10.), (Şekil 3.11.) olmak üzere, sırasıyla 150 ve 250 N'luk statik yükler uygulanmıştır. Önce bu kuvvetler ayrı ayrı uygulanmış, daha sonra ise iki kuvvet aynı anda uygulanarak fonksiyonel okluzal kuvvetler simule edilmiştir.



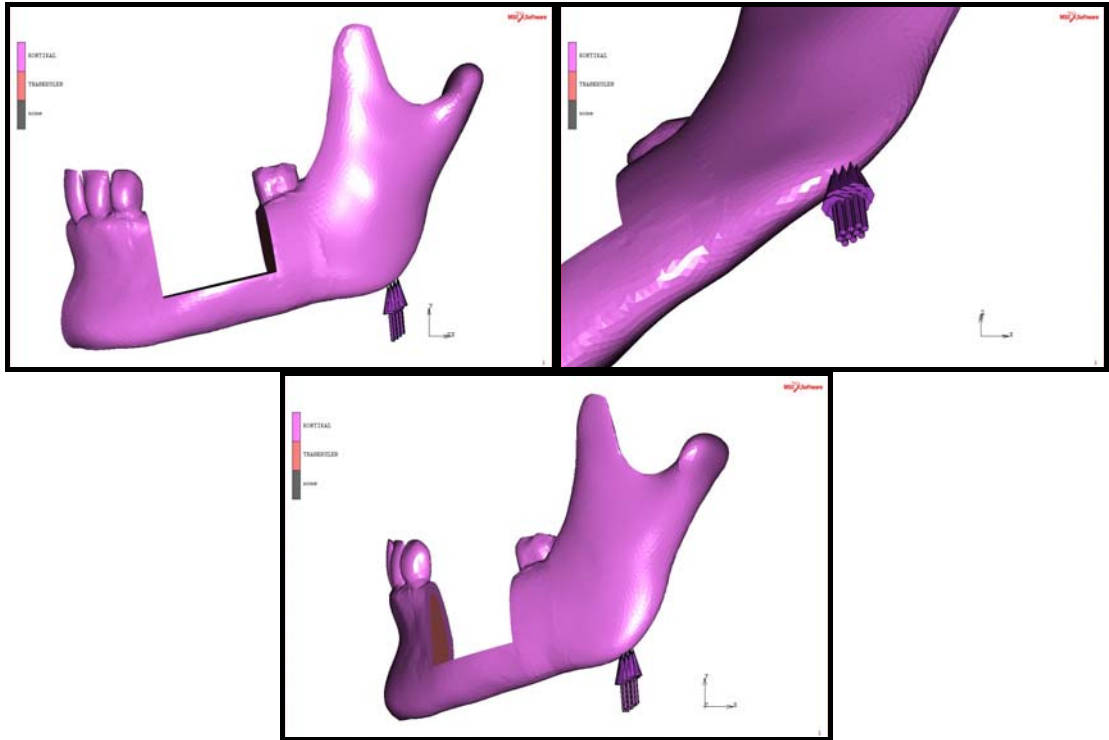
Şekil 3.8. Eğimli modele 150 N insizal kuvvetin uygulanış şekli



Şekil 3.9. Köşeli modele 150 N insizal kuvvetin uygulanış şekli



Şekil 3.10. Eğimli modele 250 N oblik kuvvetin uygulanış şekli



Şekil 3.11. Köşeli modele 250 N oblik kuvvetin uygulanış şekli

Uygulanan kuvvetler ile meydana gelen yer değiştirme (Displacements), asal gerinim (Principal Strain), asal gerilim (Principal Stres) ve eşdeğer gerilim (Von Misses Stres) değerleri kortikal ve spongioz kemik için ayrı olarak elde edilmiştir.

4. BULGULAR

Çalışmamızda iki farklı osteotomi dizaynı karşılaştırılmıştır. Modellerden ilki köşeleri bulunan iki vertikal ve bir horizontal kesiden oluşacak şekilde, ikincisi ise yarım elips şeklinde eğimli olarak hazırlanmıştır. 150 N vertikal kuvvet dişlerin insizal yüzeylerine yukarıdan aşağıya doğru olacak şekilde, 250 N oblik kuvvet mandibula açığı bölgesinde aşağıdan yukarıya doğru olacak şekilde uygulanmıştır. Bu kuvvetler öncelikle tek tek uygulanmış, daha sonra ise iki kuvvet aynı anda uygulanarak, aynı yükleme koşulu altında kortikal kemik, spongios kemik ve bütün olarak modelde oluşan gerilme stresi, sıkışma stresi ve yer değiştirmeler gösterilmiştir.

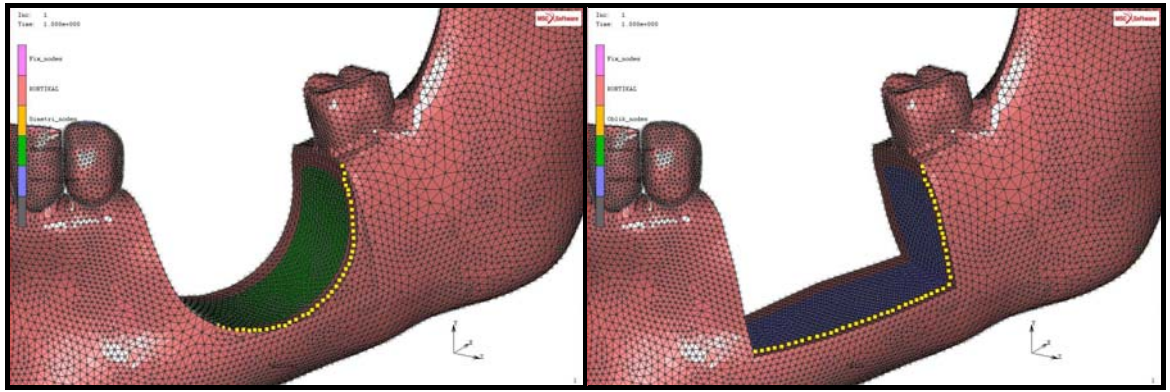
Sonuçlarda elde edilen üç boyutlu görüntülerde her renk bir değer aralığını tanımlamaktadır. Görüntülerin yan tarafındaki skala ile değer aralıkları gösterilmektedir. Modeller üzerinde renkler stres yoğunlukları ile doğru orantılı olarak değişmektedir.

Gerilim stresi (Principal Stress Max), gerinim stresi (Principal Strain Max), Von Misses Stresi, ve yer değiştirme değerleri pozitif değerlerdir. Sadece sıkışma stres değerleri (principal stres min ve principal strain min) negatif olarak ifade edilirler ve skalanın alt kısmında yer alırlar. Bu değerlerin büyüklüğü mutlak değer kabul edilerek karşılaştırılmalıdır.

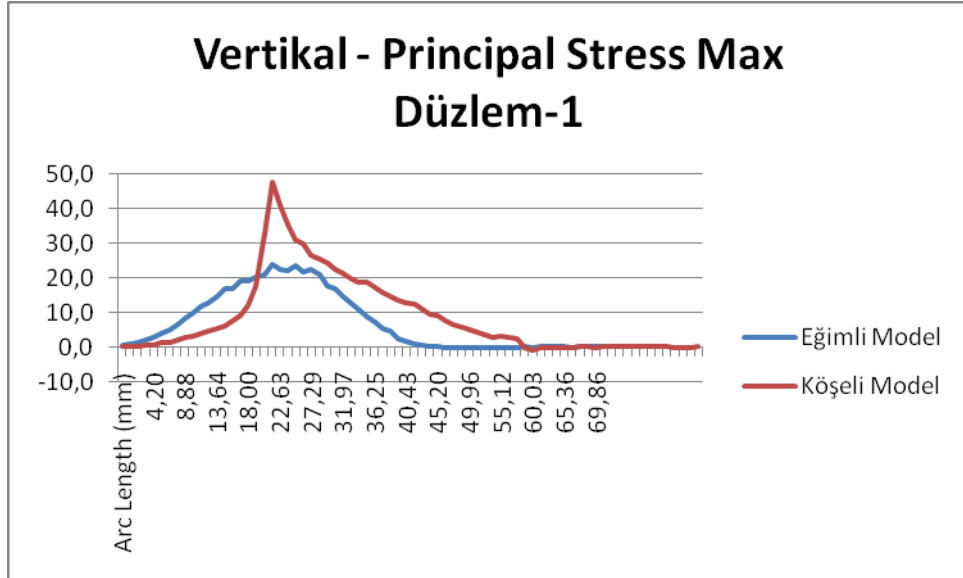
4.1. Modellerde Vertikal Kuvvet Uygulandığında Ark Uzunluğu Boyunca Elde Edilen Principal Stres Max ve Principal Strain Max Değerleri Karşılaştırılması

Modellerde osteotomi yapılan bölgede üç farklı noktasal düzlem belirlenmiştir. Bu düzlemlerden birincisi “Düzlem 1” olarak isimlendirilmiştir ve Şekil 4.1.’de görüldüğü gibi bukkal kortikal kemik üzerindeki noktalardan oluşmaktadır. Bu düzlem üzerinde herbir noktada oluşan principal stress max ve principal strain max değerleri grafiklerde gösterilmiştir.

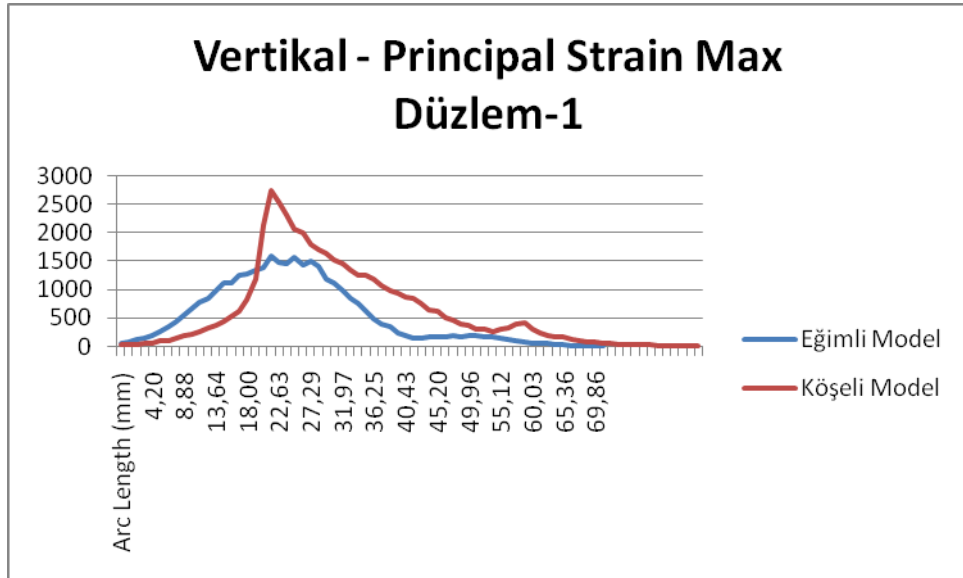
4.1.1. 1. Düzlem’deki Principal Stres Max ve Principal Strain Max Değerleri



Şekil 4.1. 1. Düzlem’in eğimli ve köşeli modeldeki şematik görüntüsü



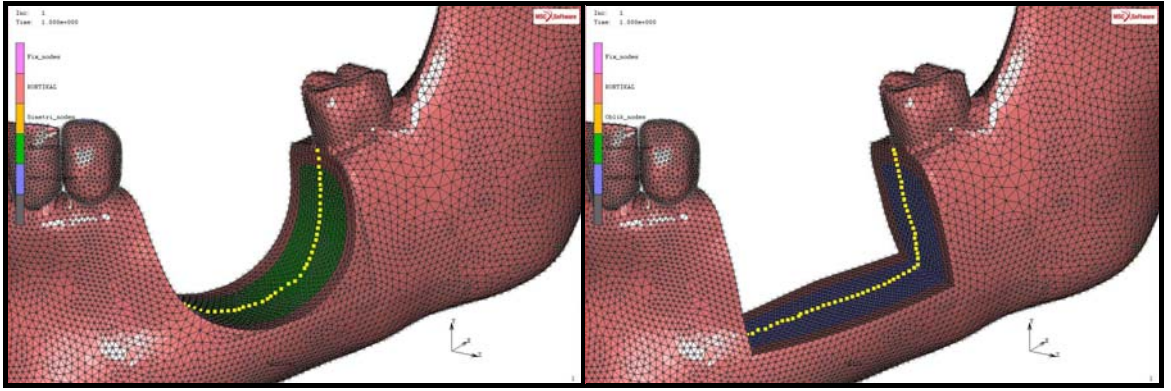
Şekil 4.2. Vertikal 150 N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 1. Düzlem üzerinde Principal Stres Max değerleri karşılaştırılması



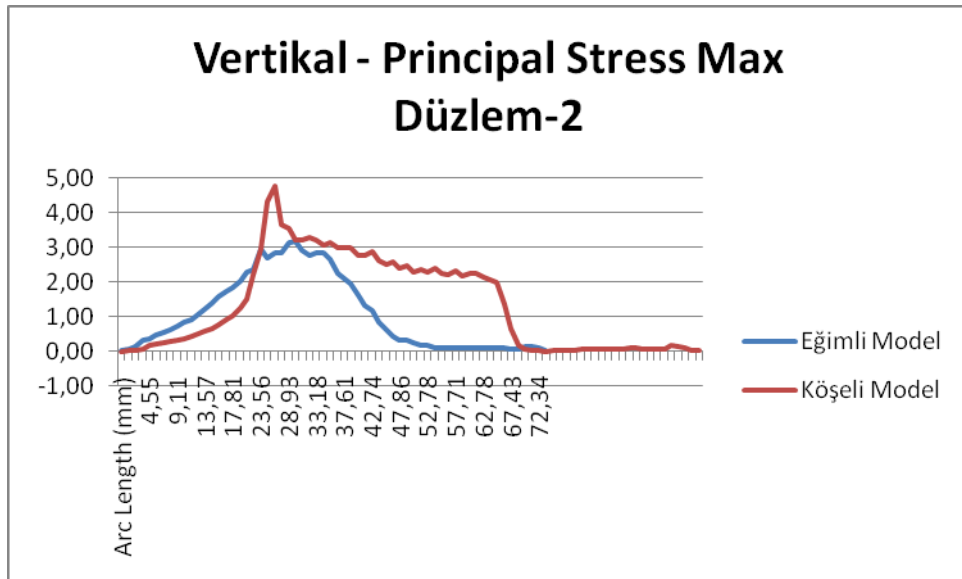
Şekil 4.3. Vertikal 150 N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 1. Düzlem üzerinde Principal Strain Max değerleri karşılaştırılması

4.1.2. 2. Düzlem'deki Principal Stres Max ve Principal Strain Max Değerleri

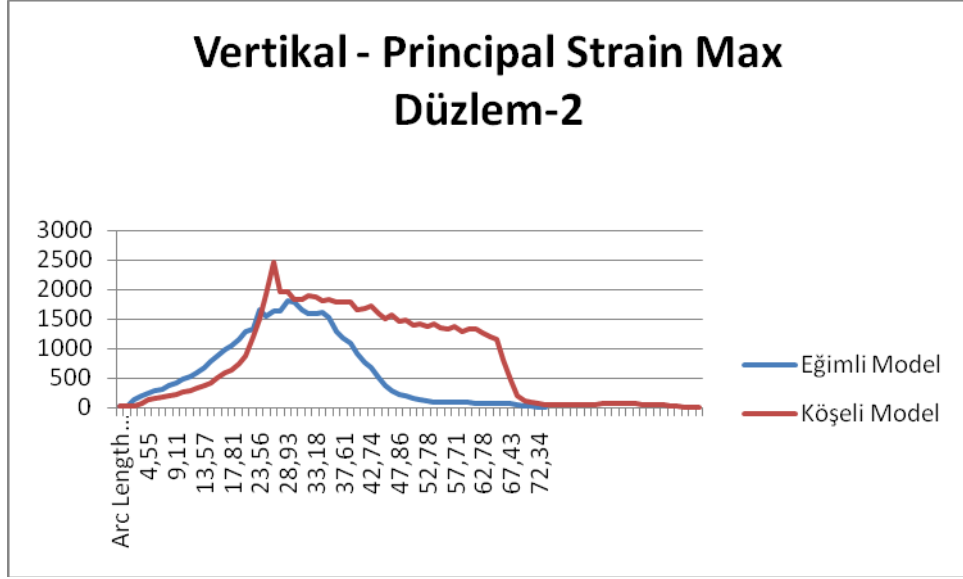
Oluşturulan ikinci noktasal düzlem “Düzlem 2” olarak isimlendirilmiştir ve Şekil 4.4.’de görüldüğü gibi osteotomi yapılan bölgenin bukkolingual yönde ortasında, daha çok spongioz kemik üzerinde ilerlemektedir. Bu düzlem üzerinde herbir noktada oluşan Principal Stres Max ve Principal Strain Max değerleri iki osteotomi için de grafik olarak Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.’da gösterilmiştir.



Şekil 4.4. 2. Düzlem’in eğimli ve köşeli modellerdeki görüntüsü



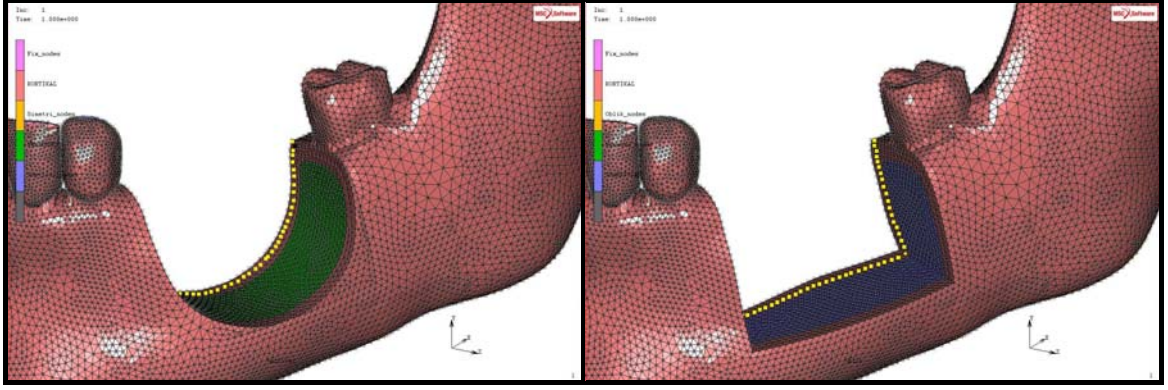
Şekil 4.5. Vertikal 150 N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 2. Düzlem üzerinde Principal Stres Max değerleri karşılaştırılması



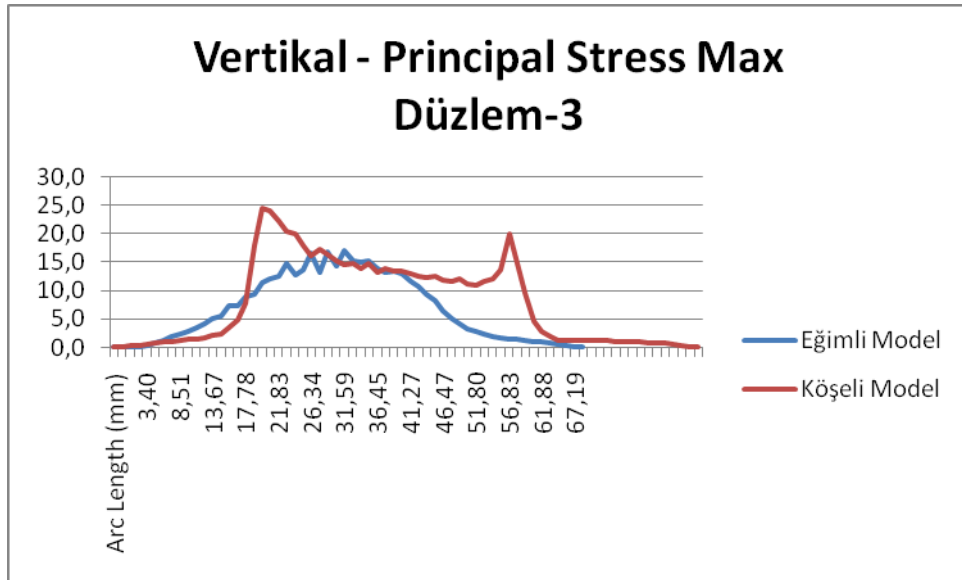
Şekil 4.6. Vertikal 150 N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 2. Düzlem üzerinde Principal Strain Max değerleri karşılaştırılması

4.1.3. 3. Düzlem'deki Principal Stress Max ve Principal Strain Max Değerleri

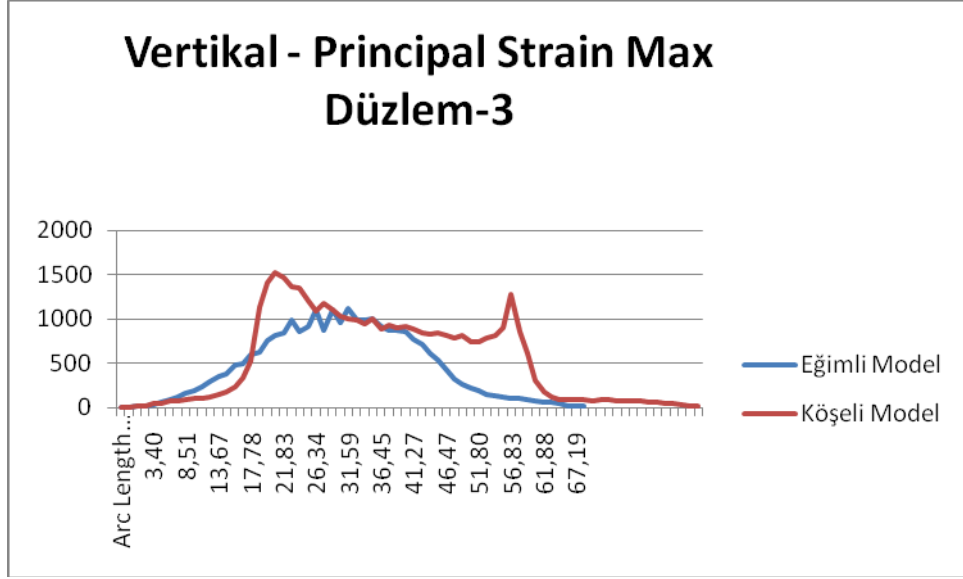
Oluşturulan üçüncü noktasal düzlem "Düzlem 3" olarak isimlendirilmiştir ve Şekil 4.7.'de görüldüğü gibi, osteotomi yapılan bölgede lingual kortikal kemik üzerinde oluşturulmuştur. Bu düzlem üzerinde her bir noktada oluşan Principal Stres Max ve Principal Strain Max değerleri iki osteotomi için de grafik olarak Şekil 4.8 ve Şekil 4.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.7. 3. Düzlem'in eğimli ve köşeli modellerdeki görüntüsü



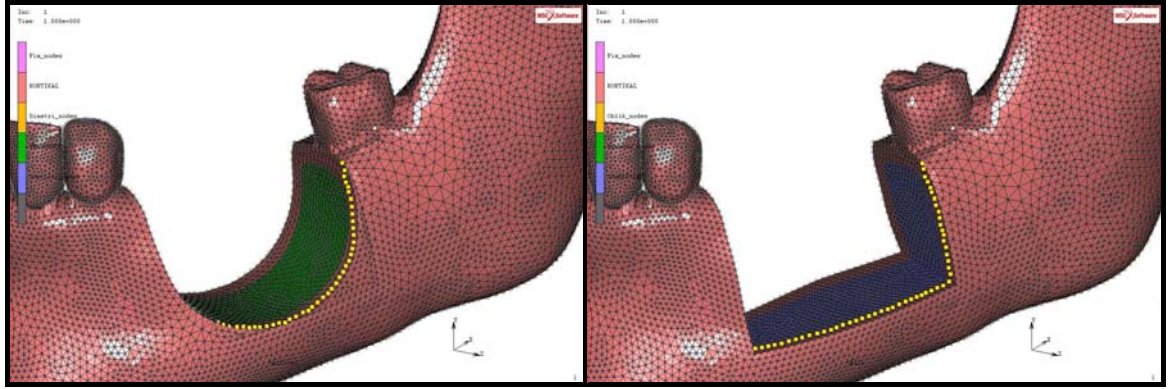
Şekil 4.8. Vertikal 150 N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 3. Düzlem üzerinde Principal Stres Max değerleri karşılaştırılması



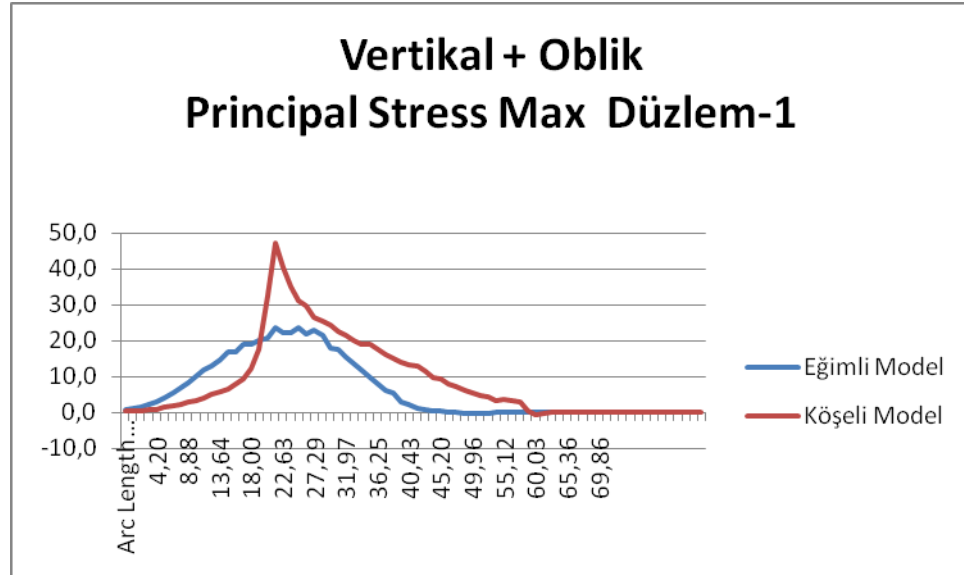
Şekil 4.9. Vertikal 150 N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 3. Düzlem üzerinde Principal Strain Max değerleri karşılaştırılması

4.2. Modellerde Vertikal ve Oblik Kuvvet Birlikte Uygulandığında Ark Uzunluğu Boyunca Elde Edilen Principal Stres Max ve Principal Strain Max Değerleri Karşılaştırılması

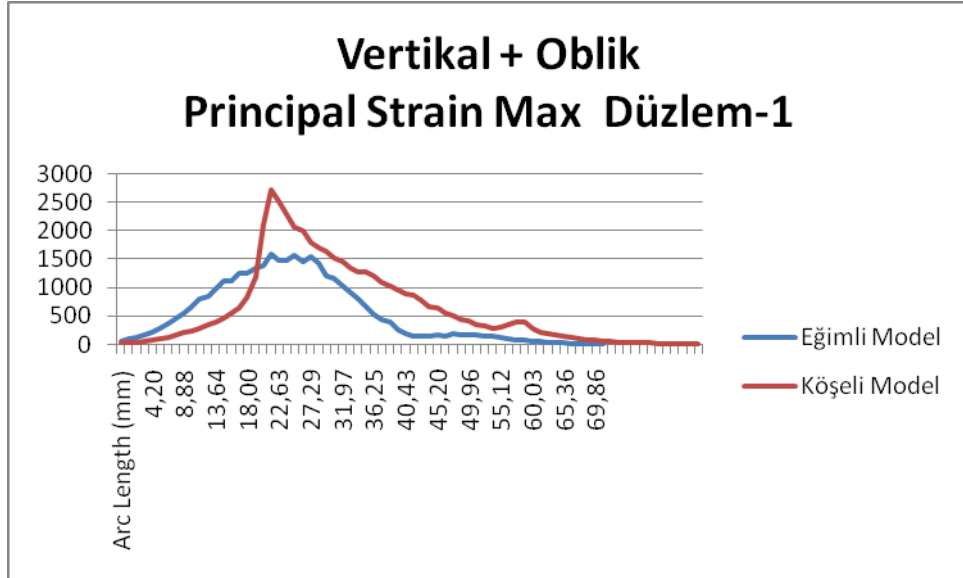
4.2.1. 1. Düzlem'deki Principal Stres Max ve Principal Strain Max Değerleri



Şekil 4.10. 1.Düzlem'in eğimli ve köşeli modeldeki görüntüsü

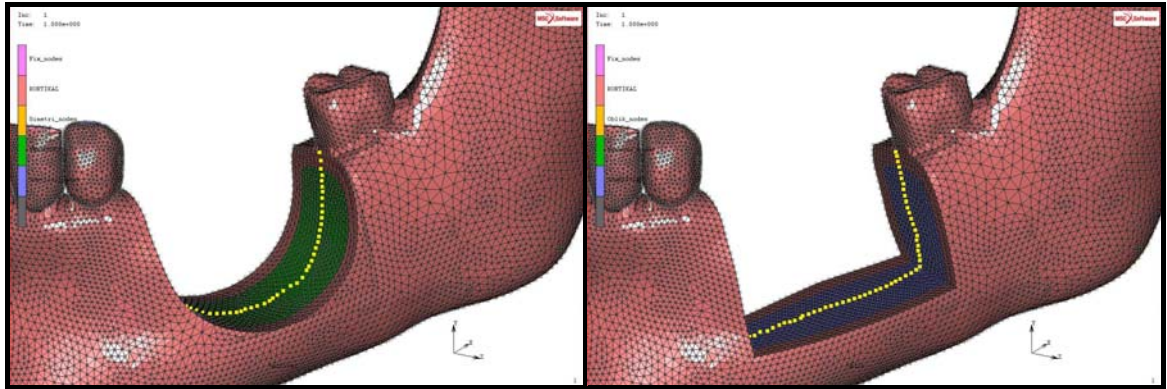


Şekil 4.11. Vertikal 150 N ve oblik 250 N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 1. Düzlem üzerinde Principal Stress Max değerleri karşılaştırılması

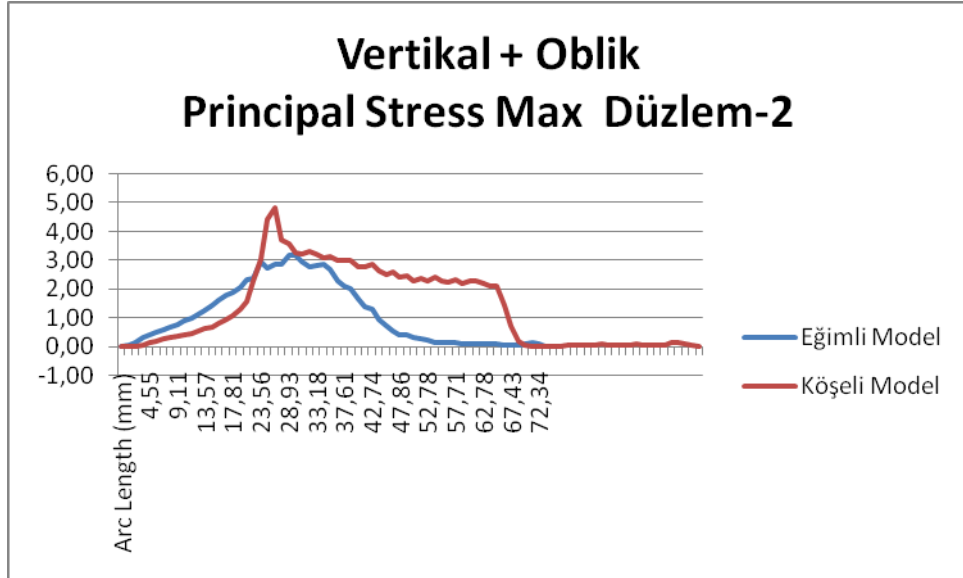


Şekil 4.12. Vertikal 150 N ve oblik 250 N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 1. Düzlem üzerinde Principal Strain Max değerleri karşılaştırılması

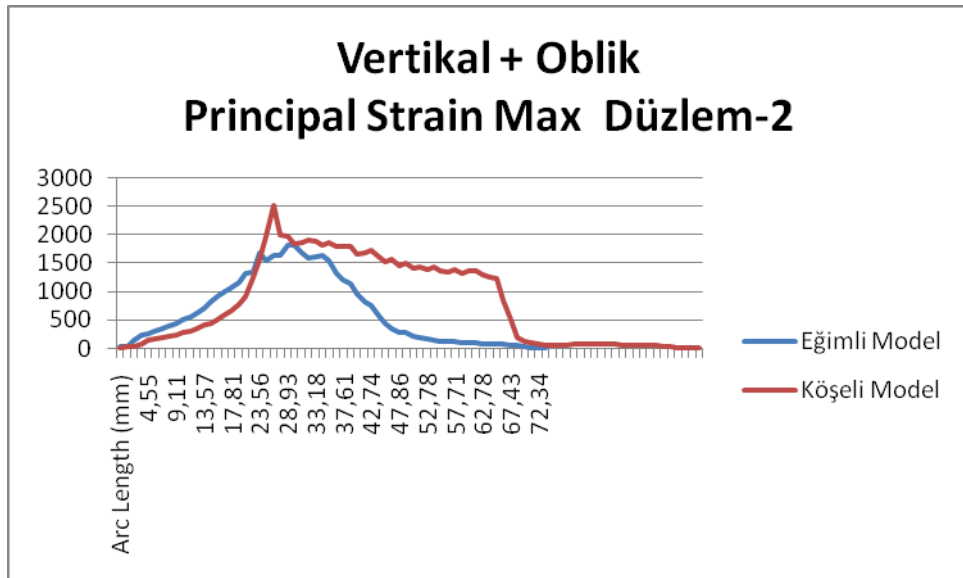
4.2.2. 2. Düzlem'deki Principal Stress Max ve Principal Strain Max Değerleri



Şekil 4.13. 2. Düzlem'in eğimli ve köşeli modeldeki görüntüsü

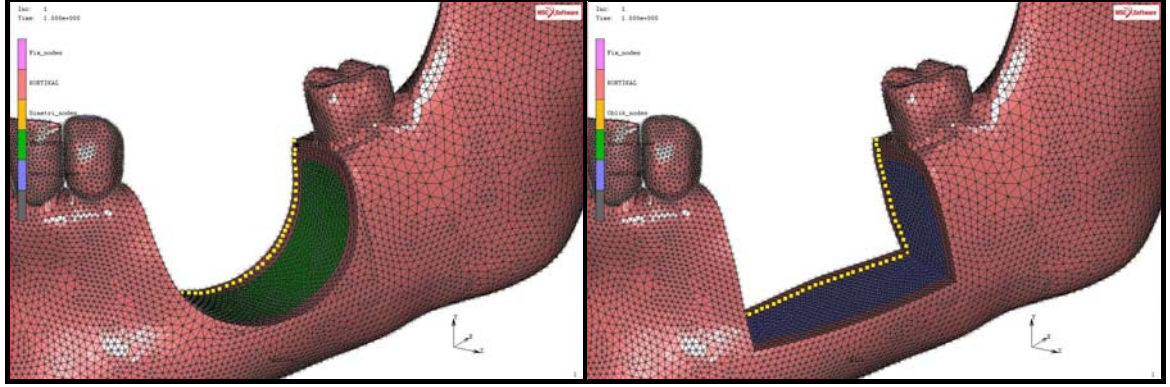


Şekil 4.14. Vertikal 150 N ve oblik 250 N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 2. Düzlem üzerinde Principal Stress Max değerleri karşılaştırılması

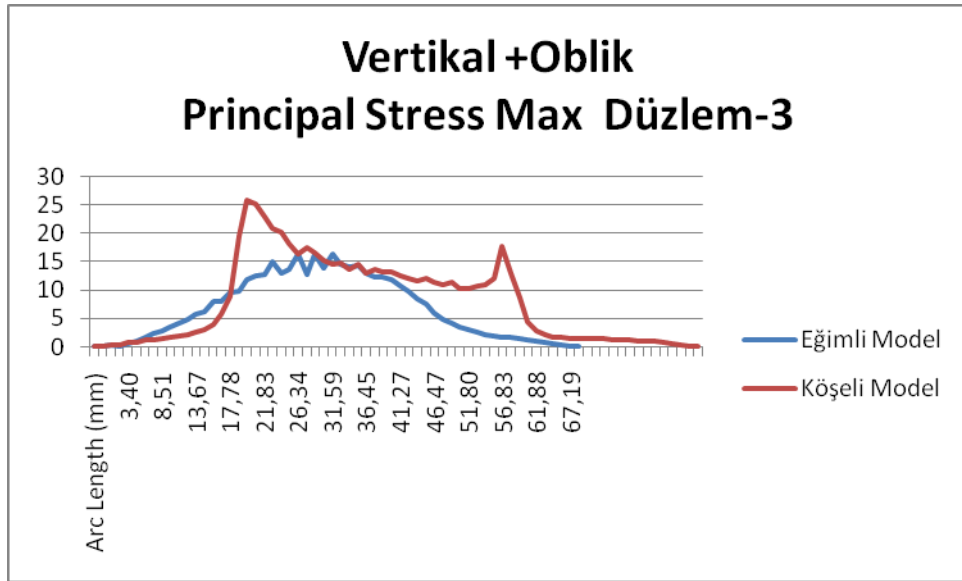


Şekil 4.15. Vertikal 150 N ve oblik 250N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 2. Düzlem üzerinde principal strain max değerleri karşılaştırılması

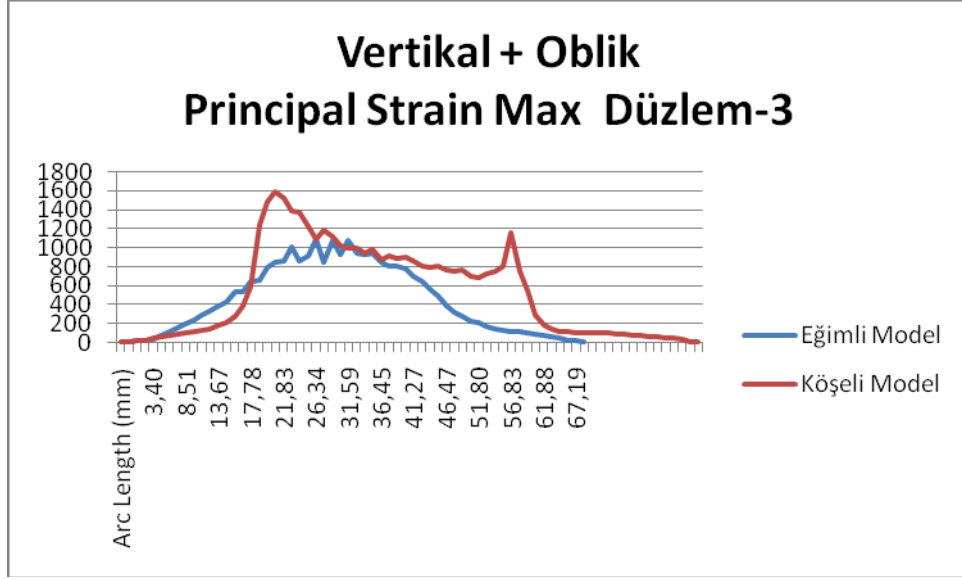
4.2.3. 3. Düzlem'deki Principal Stress Max ve Principal Strain Max Değerleri



Şekil 4.16. 3.Düzlem'in eğimli ve köşeli modeldeki görüntüsü



Şekil 4.17. Vertikal 150 N ve oblik 250 N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 3. Düzlem üzerinde Principal Stres Max değerleri karşılaştırılması



Şekil 4.18. Vertikal 150 N ve oblik 250 N kuvvet uygulandığında eğimli ve köşeli modellerde 3. Düzlem üzerinde Principal Strain Max değerleri karşılaştırılması

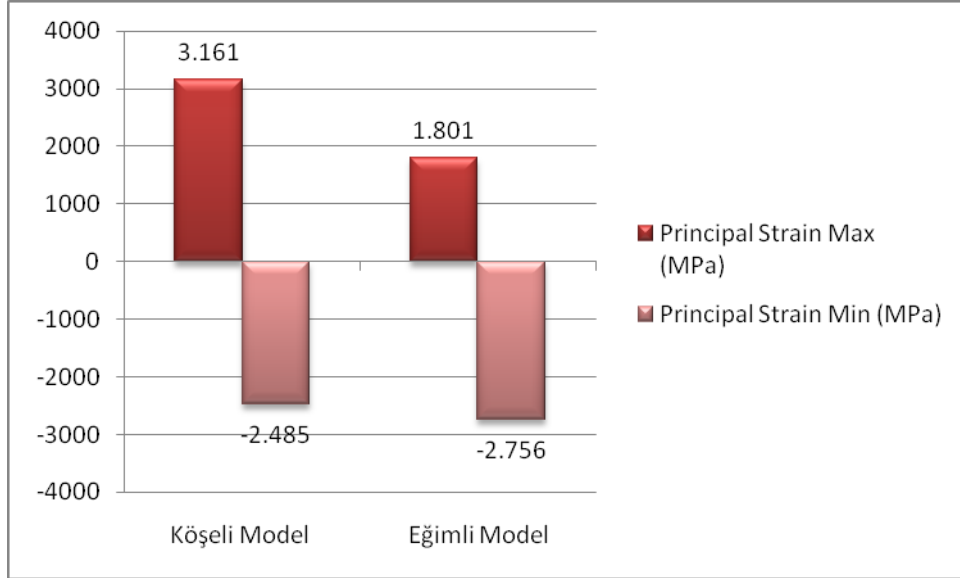
Yukarıdaki grafikler incelendiğinde, hem vertikal yükleme altında, hem de vertikal ve oblik yükleme beraber yapıldığında bukkal kortikal kemik üzerinde seyreden Düzlem 1 üzerinde, her iki osteotomi için de principal stres max ve principal strain max değerlerinin en yüksek olduğu bölge, osteotominin posteroinferior bölgesidir. Köşeli hazırlanan model için bu değerler posteroinferior köşe noktasında yoğunlaşmakta ve daha yüksek değerler almaktadır. Bunun yanında eğimli hazırlanan modelde daha düşük değerler almış ve geniş bir dağılım göstermektedir. Osteotominin anterior bölgesinde oluşan principal stres max ve principal strain max değerlerinin her iki modelde de ciddi anlamda azaldığı görülmüştür.

Köşeli ve eğimli osteotomilerde, spongios kemik üzerinde seyreden Düzlem 2'deki principal stres max ve principal strain max değerleri incelendiğinde, her iki yükleme koşulunda da, Düzlem 1 ile aynı şekilde en yüksek değerler osteotominin posteroinferior bölgesindedir. Köşeli hazırlanan model için bu değerler posteroinferior köşe noktasında yoğunlaşmakta ve daha yüksek değerler almaktadır. Ancak Düzlem 1 ile karşılaştırıldığında, köşeli olarak hazırlanan osteotominin anterior köşesinde bir miktar

yoğunlaşmanın olduğu görülmüştür. Eğimli hazırlanan osteotomide ise iki düzlem grafik seyri arasında belirgin bir farklılık gözlenmemektedir.

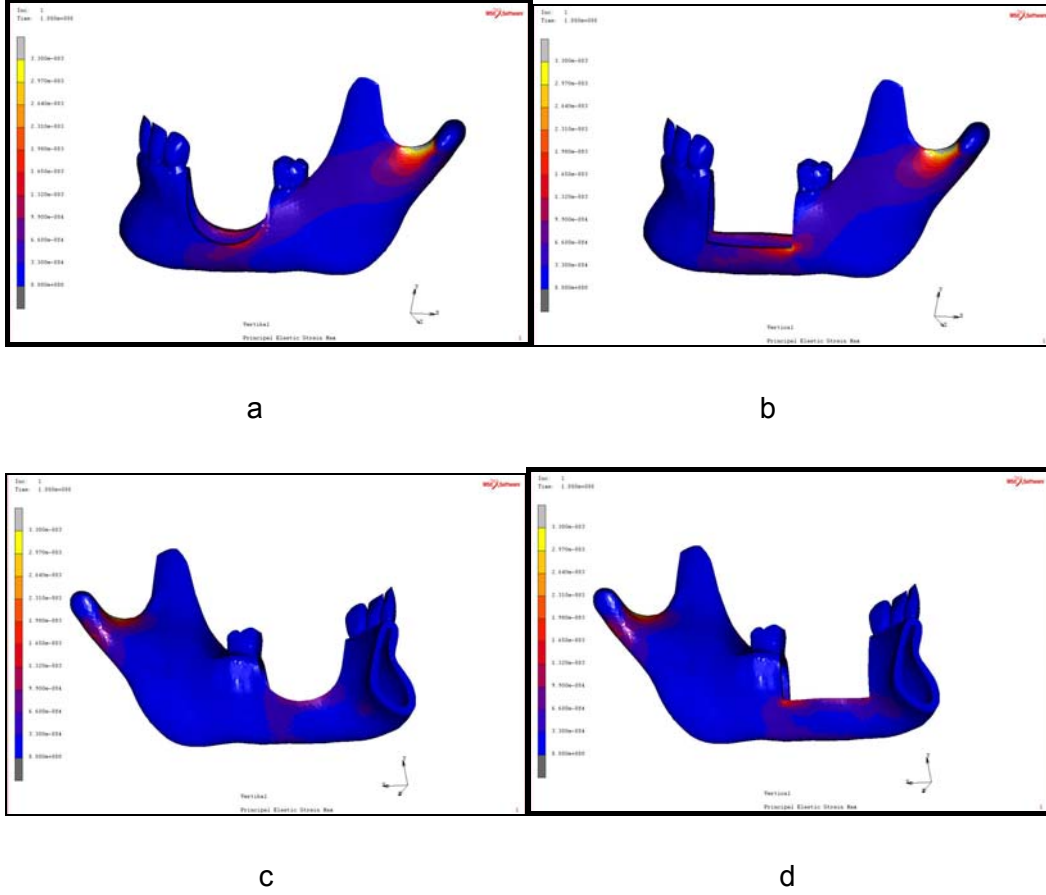
Köşeli ve eğimli osteotomilerdeki iç kortikal kemik üzerinde seyreden Düzlem 3 incelendiğinde, her iki yükleme koşulunda da, en yüksek principal stres max ve principal strain max değerleri benzer şekilde posteroinferior bölgede oluşmaktadır. Köşeli hazırlanan model için bu değerler posteroinferior köşe noktasında yoğunlaşmakta ve daha yüksek değerler almaktadır. Ancak farklı olarak Düzlem 1 ve Düzlem 2'ye göre Düzlem 3'te, köşeli olarak hazırlanan osteotominin anterior köşesinde Principal Stres Max ve Principal Strain Max değerlerinin biraz daha yüksek çıktığı görülmüştür.

4.3. Vertikal Kuvvet Uygulandığında Eğimli ve Köşeli Osteotomilerde Kortikal Kemikteki Principal Strain Max-Min, Principal Stres Max-Min ve Von Misses Değerleri



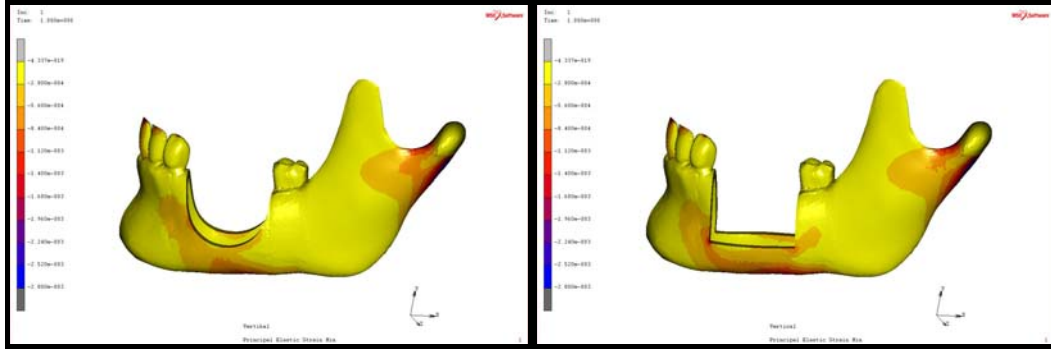
Şekil 4.19. Vertikal kuvvet uygulandığında modellerde kortikal kemikte oluşan Principal Strain Max ve Min değerleri

Vertikal olarak 150 N kuvvet uygulandığında kortikal kemikte Principal Strain Max (gerilme kuvvetlerinin olduğu bölgelerdeki maksimum gerilme kuvveti) değeri köşeli olarak hazırlanan modelde 3161 MPa, eğimli hazırlanan modelde 1801 MPa bulunmuştur. Principal Strain Min (sıkışma kuvvetlerinin olduğu bölgelerdeki gerilme kuvvetleri) değeri köşeli hazırlanan modelde 2485 MPa, eğimli hazırlanan modelde 2756 MPa bulunmuştur.



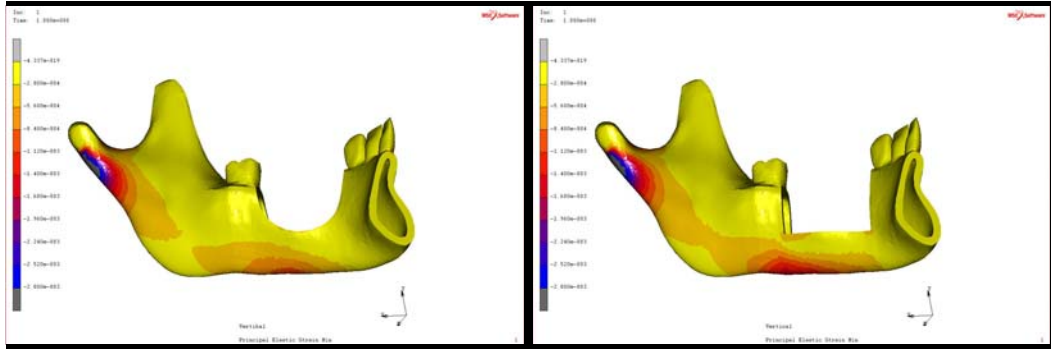
Şekil 4.20. Vertikal kuvvette kortikal kemik Principal Strain Max model görüntüleri

- a) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında kortikal kemikteki Principal Strain Max değeri model görüntüsü
- b) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında kortikal kemikteki Principal Strain Max değeri model görüntüsü
- c) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında kortikal kemikteki Principal Strain Max değeri model lingual görüntüsü
- d) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında kortikal kemikteki Principal Strain Max değeri model lingual görüntüsü



a

b

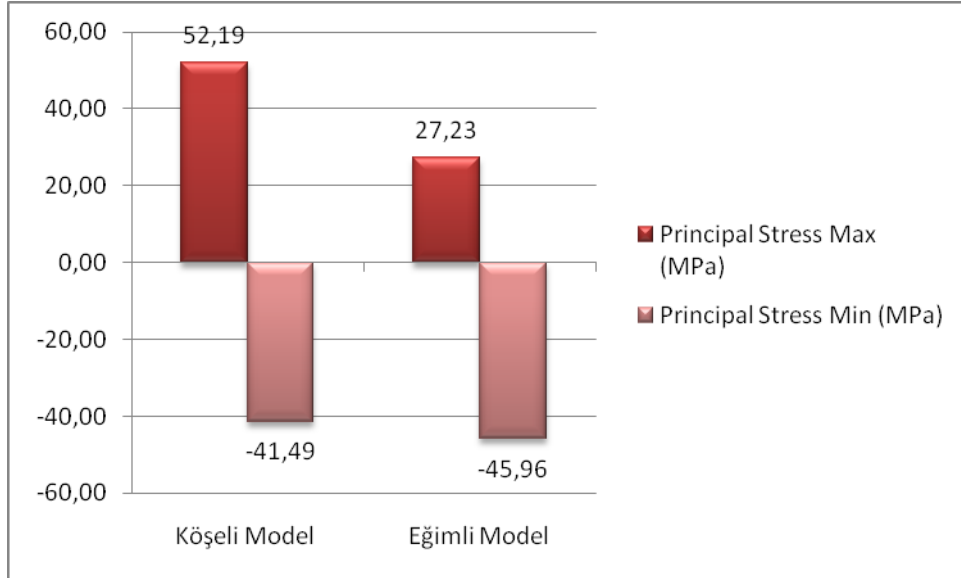


c

d

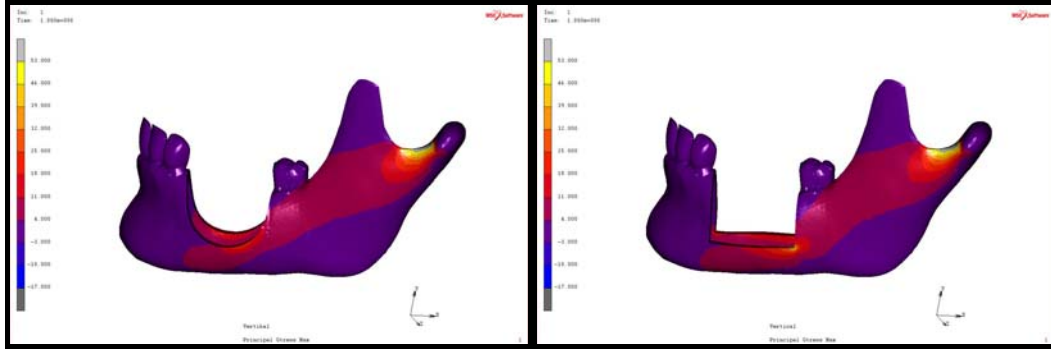
Şekil 4.21. Vertikal kuvvette kortikal kemikteki Principal Strain Min model görüntüleri

- Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında kortikal kemikteki Principal Strain Min değeri model görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında kortikal kemikteki Principal Strain Min değeri model görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında kortikal kemikteki Principal Strain Min değeri model lingual görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında kortikal kemikteki Principal Strain Min değeri model lingual görüntüsü



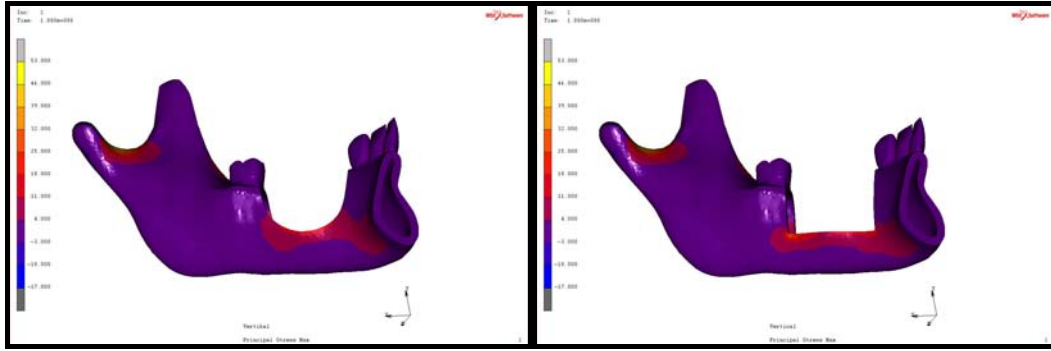
Şekil 4.22. Vertikal kuvvet uygulandığında modellerde kortikal kemikte oluşan Principal Stres Max ve Min değerleri

Vertikal olarak 150 N kuvvet uygulandığında modellerde kortikal kemikte oluşan Principal Stres Max (gerilme kuvveti) değeri köşeli hazırlanan modelde 52.19 MPa, eğimli hazırlanan modelde ise 27.23 MPa bulunmuştur. Principal Stres Min (sıkışma kuvveti) değeri köşeli hazırlanan modelde 41.49 MPa, eğimli hazırlanan modelde 45.96 bulunmuştur.



a

b

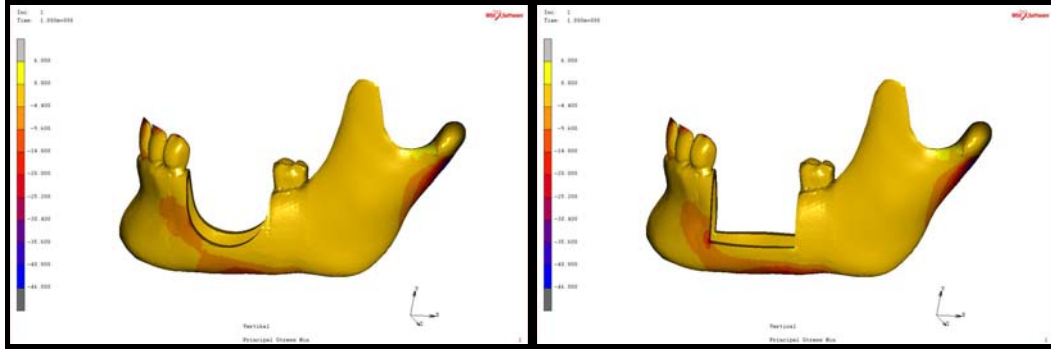


c

d

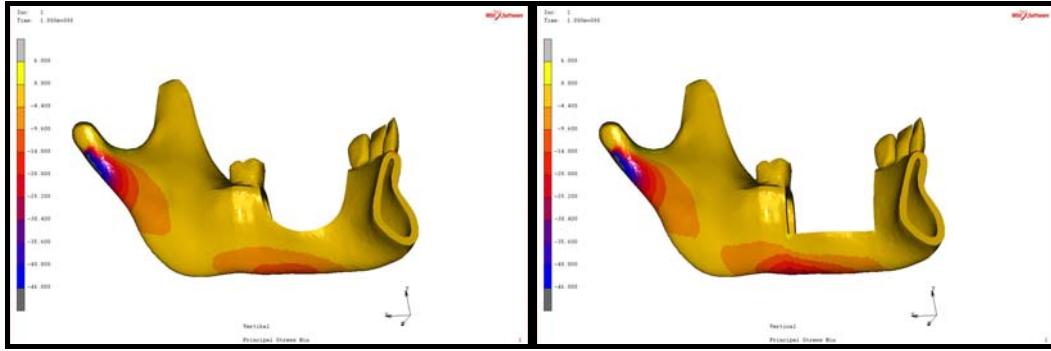
Şekil 4.23. Vertikal kuvvette kortikal kemikteki Principal Stres Max model görüntüleri

- Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında kortikal kemikteki Principal Stress Max değeri model görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında kortikal kemikteki Principal Stress Max değeri model görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında kortikal kemikteki Principal Stress Max değeri model lingual görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında kortikal kemikteki Principal Stress Max değeri model lingual görüntüsü



a

b

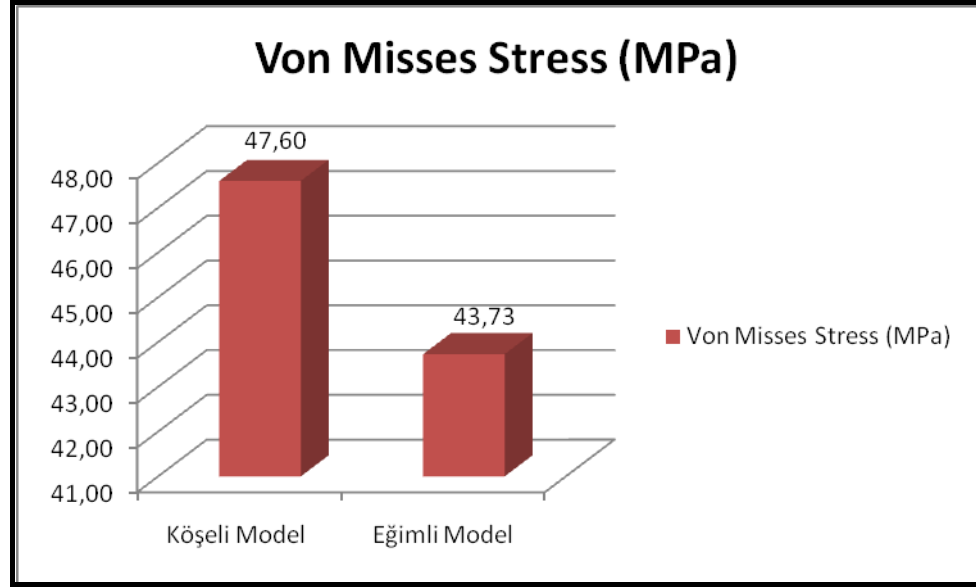


c

d

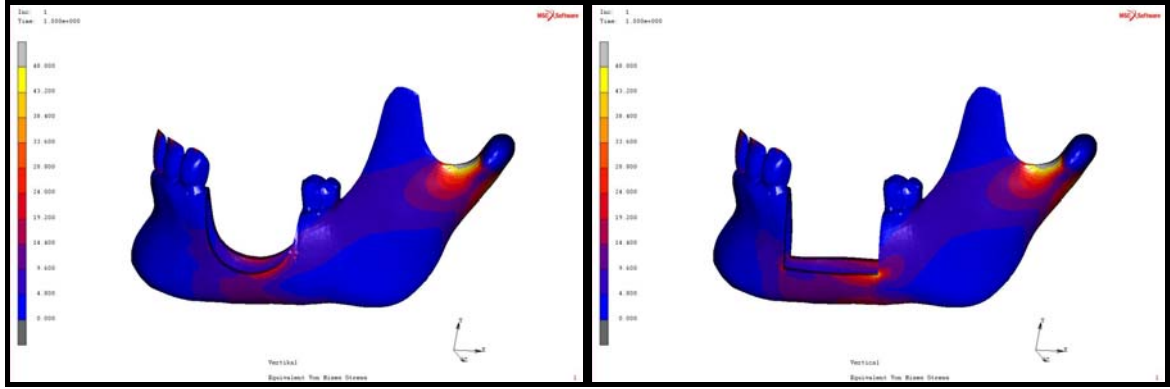
Şekil 4.24. Vertikal kuvvette kortikal kemikteki Principal Stres Min model görüntüleri

- a) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında kortikal kemikteki Principal Stress Min değeri model görüntüsü
- b) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında kortikal kemikteki Principal Stress Min değeri model görüntüsü
- c) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında kortikal kemikteki Principal Stress Min değeri model lingual görüntüsü
- d) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında kortikal kemikteki Principal Stress Min değeri model lingual görüntüsü



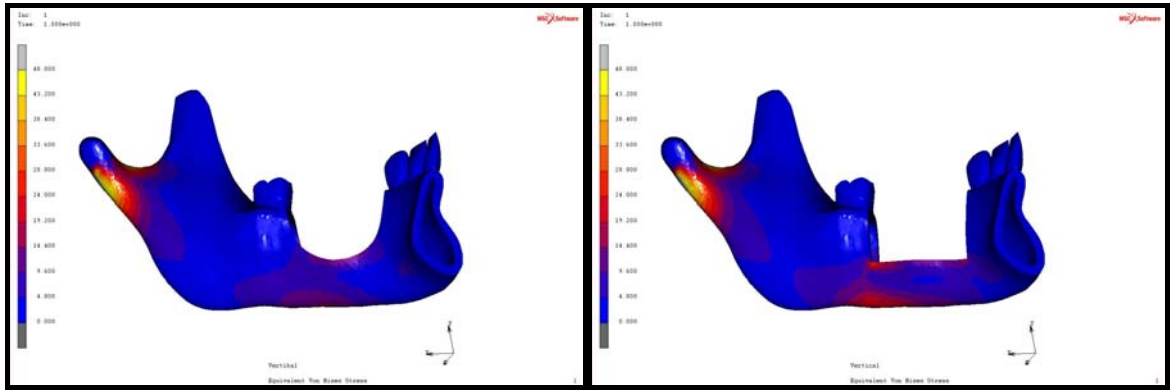
Şekil 4.25. Vertikal kuvvet uygulandığında modellerde kortikal kemikte oluşan Von Misses Stres değerleri

Vertikal olarak 150 N kuvvet uygulandığında modellerde kortikal kemikte oluşan Von Misses Stres değerleri köşeli hazırlanan modelde 47.60 MPa, eğimli hazırlanan modelde ise 43.73 MPa bulunmuştur.



a

b



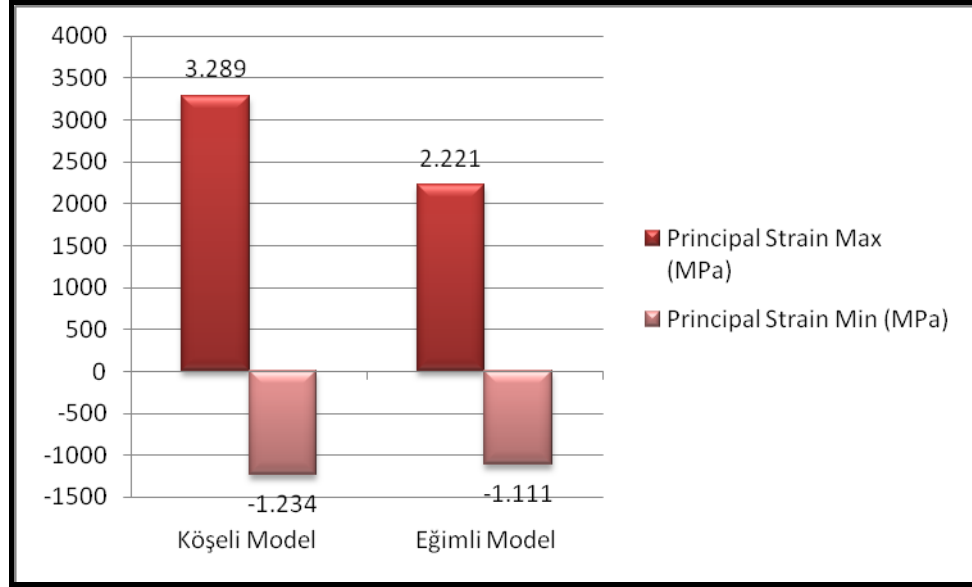
c

d

Şekil 4.26. Vertikal kuvvette kortikal kemikteki Von Misses Stres model görüntüleri

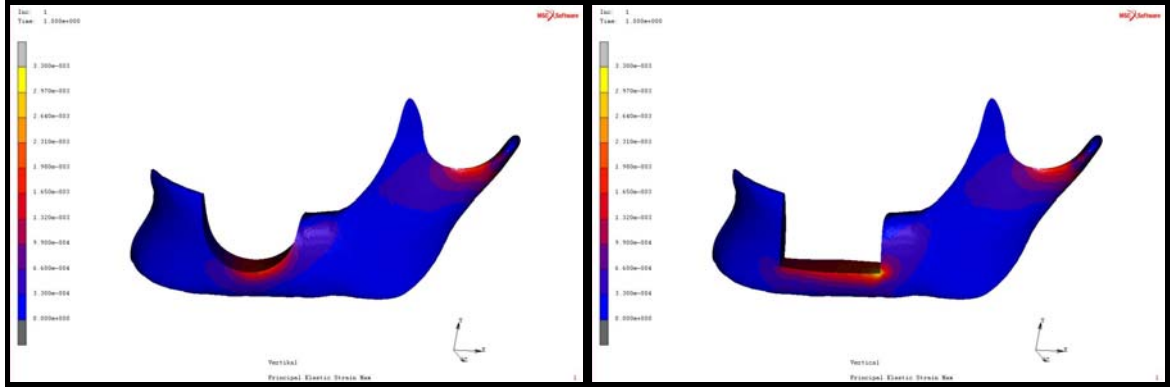
- a) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında kortikal kemikteki Von Misses Stres değeri model görüntüsü
- b) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında kortikal kemikteki Von Misses Stres değeri model görüntüsü
- c) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında kortikal kemikteki Von Misses Stres değeri model lingual görüntüsü
- d) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında kortikal kemikteki Von Misses Stres değeri model lingual görüntüsü

4.4. Vertikal Kuvvet Uygulandığında Eğimli Ve Köşeli Osteotomilerdeki Spongioz Kemikteki Principal Strain Max-Min, Principal Stres Max-Min Ve Von Misses Değerleri



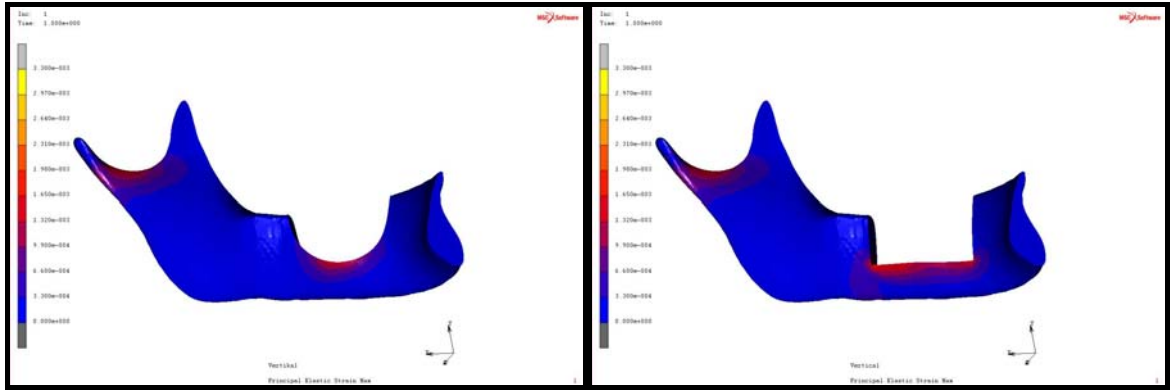
Şekil 4.27. Vertikal kuvvet uygulandığında modellerde spongioz kemikte oluşan Principal Strain Max ve Min değerleri

Vertikal olarak 150 N kuvvet uygulandığında spongioz kemikte Principal Strain Max (gerilme kuvvetlerinin olduğu bölgelerdeki maksimum gerilme kuvveti) değeri köşeli olarak hazırlanan modelde 3289 MPa, eğimli hazırlanan modelde 2221 MPa bulunmuştur. Principal Strain Min (sıkışma kuvvetlerinin olduğu bölgelerdeki gerilme kuvvetleri) değeri köşeli hazırlanan modelde 1234 MPa, eğimli hazırlanan modelde 1111 MPa bulunmuştur.



a

b

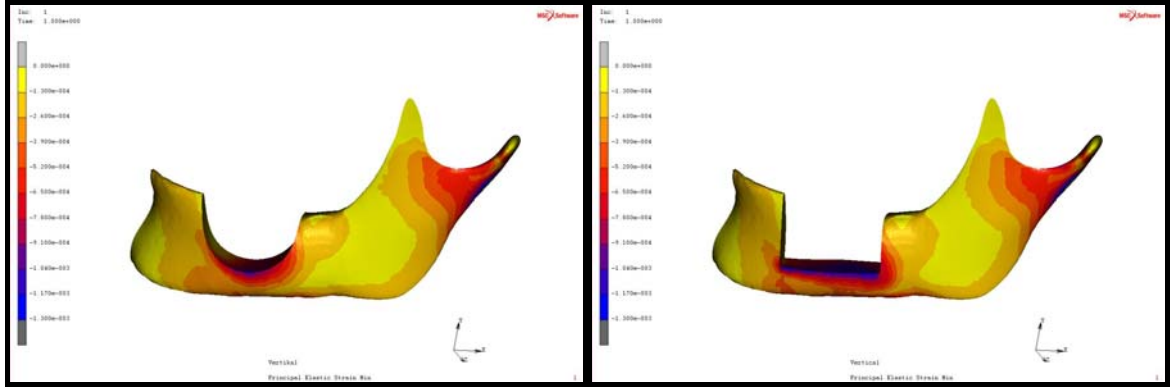


c

d

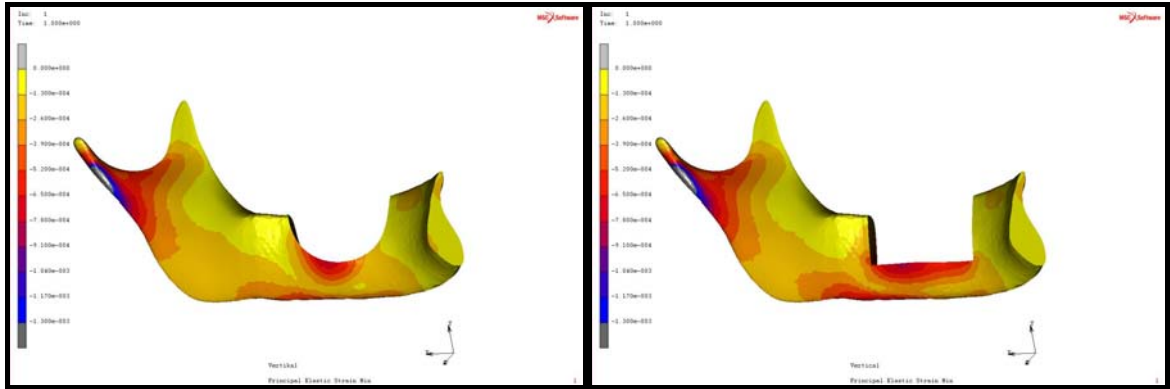
Şekil 4.28. Vertikal kuvvette spongiöz kemikteki Principal Strain Max model görüntüleri

- Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında spongiöz kemikteki Principal Strain Max değeri model görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında spongiöz kemikteki Principal Strain Max değeri model görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında spongiöz kemikteki Principal Strain Max değeri model lingual görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında spongiöz kemikteki Principal Strain Max değeri model lingual görüntüsü



a

b

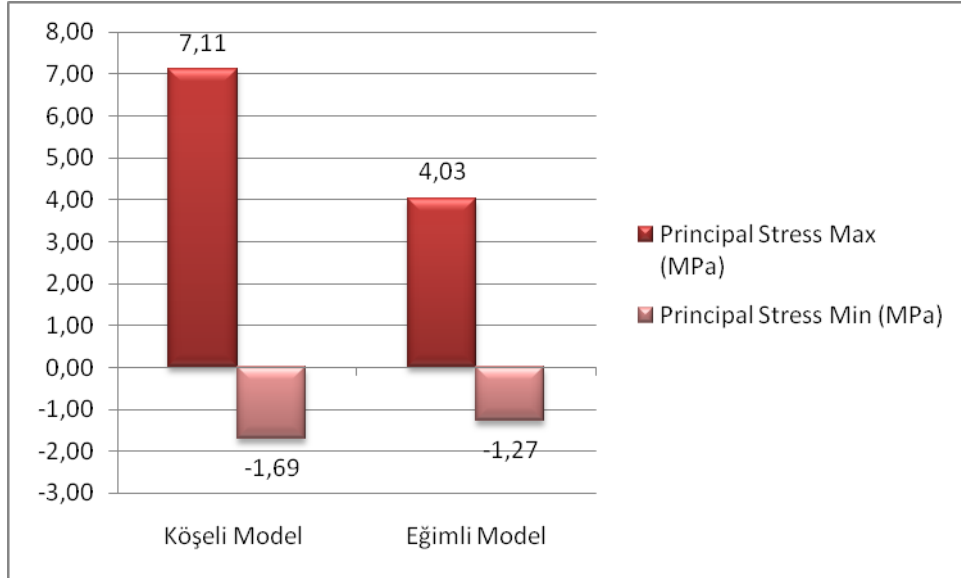


c

d

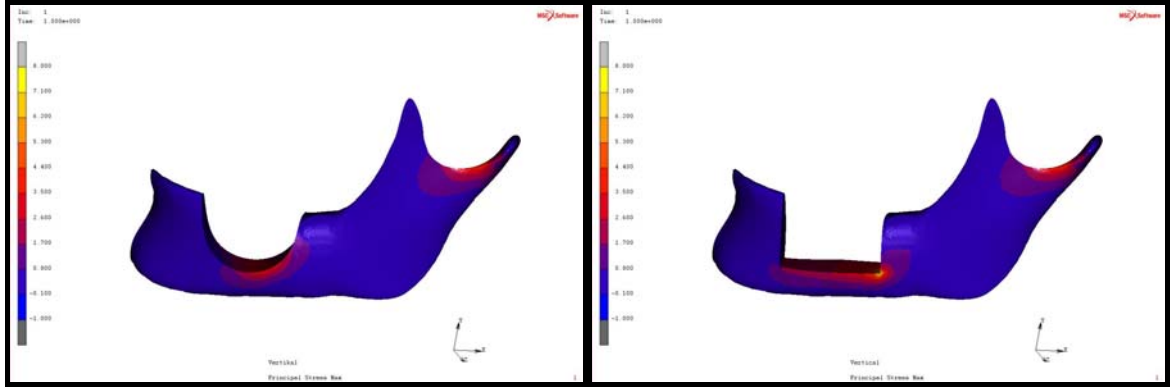
Şekil 4.29. Vertikal kuvvette spongiöz kemikteki Principal Strain Min model görüntüleri

- a) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında spongiöz kemikteki Principal Strain Min değeri model görüntüsü
- b) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında spongiöz kemikteki Principal Strain Min değeri model görüntüsü
- c) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında spongiöz kemikteki Principal Strain Min değeri model lingual görüntüsü
- d) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında spongiöz kemikteki Principal Strain Min değeri model lingual görüntüsü



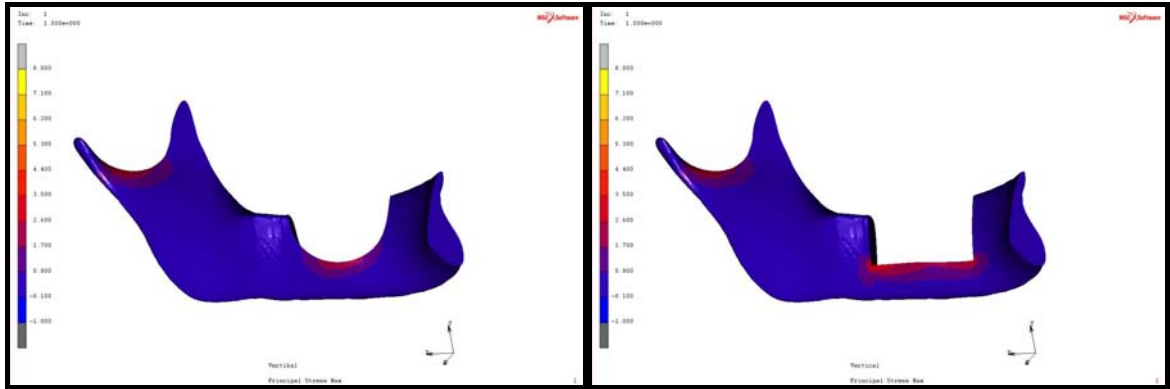
Şekil 4.30. Vertikal kuvvet uygulandığında modellerde spongiöz kemikte oluşan Principal Stres Max ve Min değerleri

Vertikal olarak 150 N kuvvet uygulandığında modellerde spongiöz kemikte oluşan Principal Stres Max (gerilme kuvveti) değeri köşeli hazırlanan modelde 7.11 MPa, eğimli hazırlanan modelde ise 4.03 MPa bulunmuştur. Principal Stres Min (sıkışma kuvveti) değeri köşeli hazırlanan modelde 1.69 MPa, eğimli hazırlanan modelde 1.27 MPa bulunmuştur.



a

b

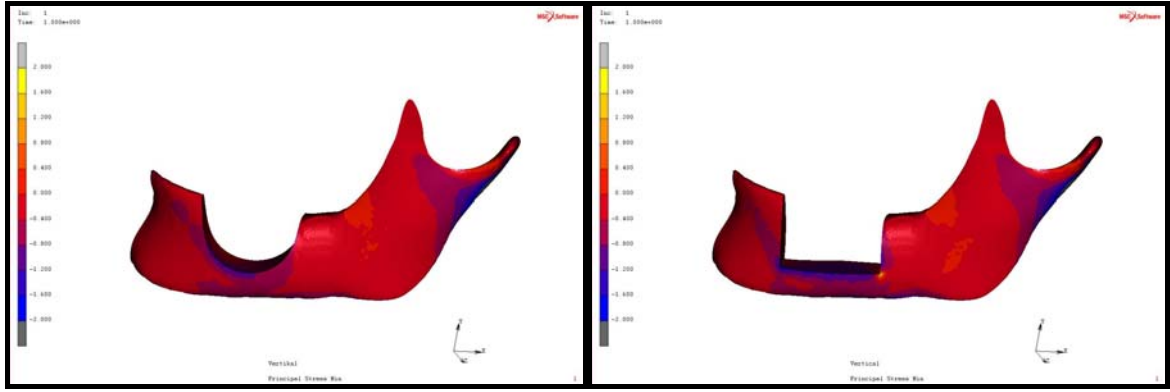


c

d

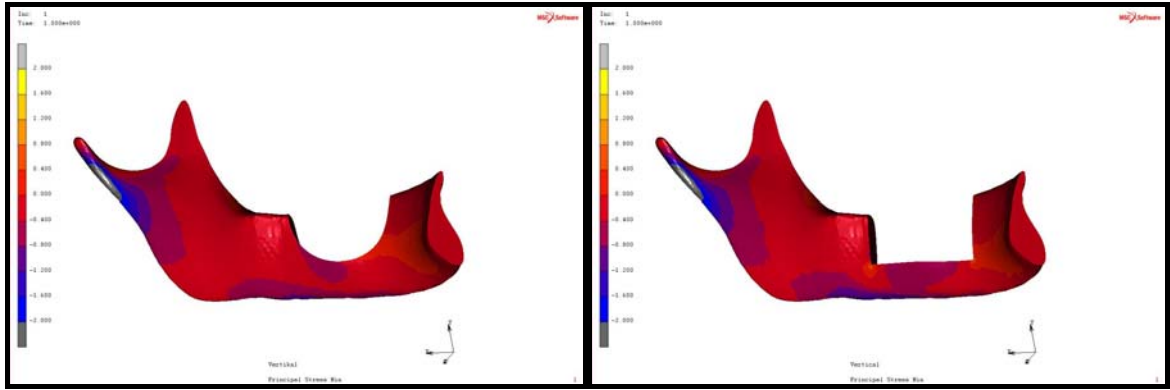
Şekil 4.31. Vertikal kuvvette spongios kemikteki Principal Stres Max model görüntüleri

- a) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında spongios kemikteki Principal Stres Max değeri model görüntüsü
- b) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında spongios kemikteki Principal Stres Max değeri model görüntüsü
- c) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında spongios kemikteki Principal Stres Max değeri model lingual görüntüsü
- d) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında spongios kemikteki Principal Stres Max değeri model lingual görüntüsü



a

b

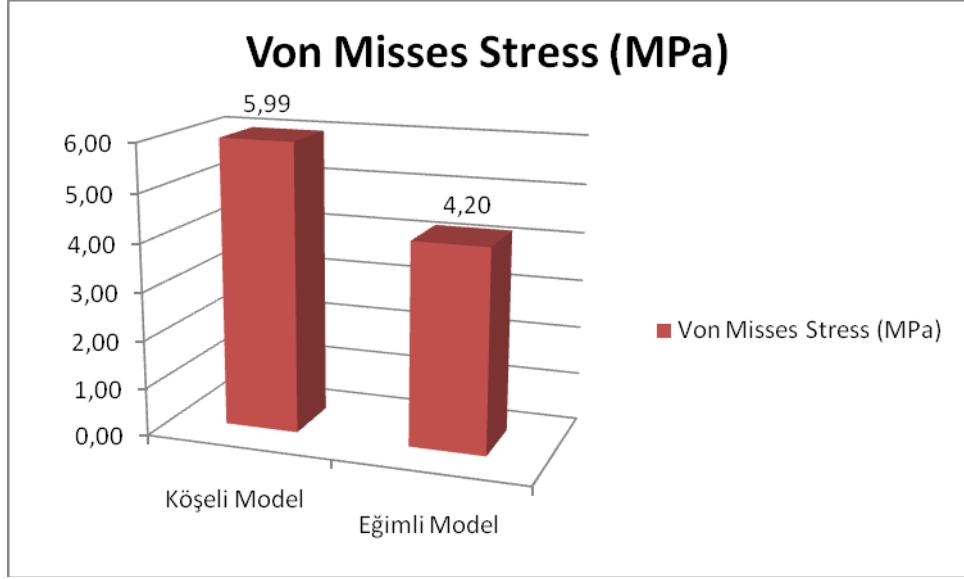


c

d

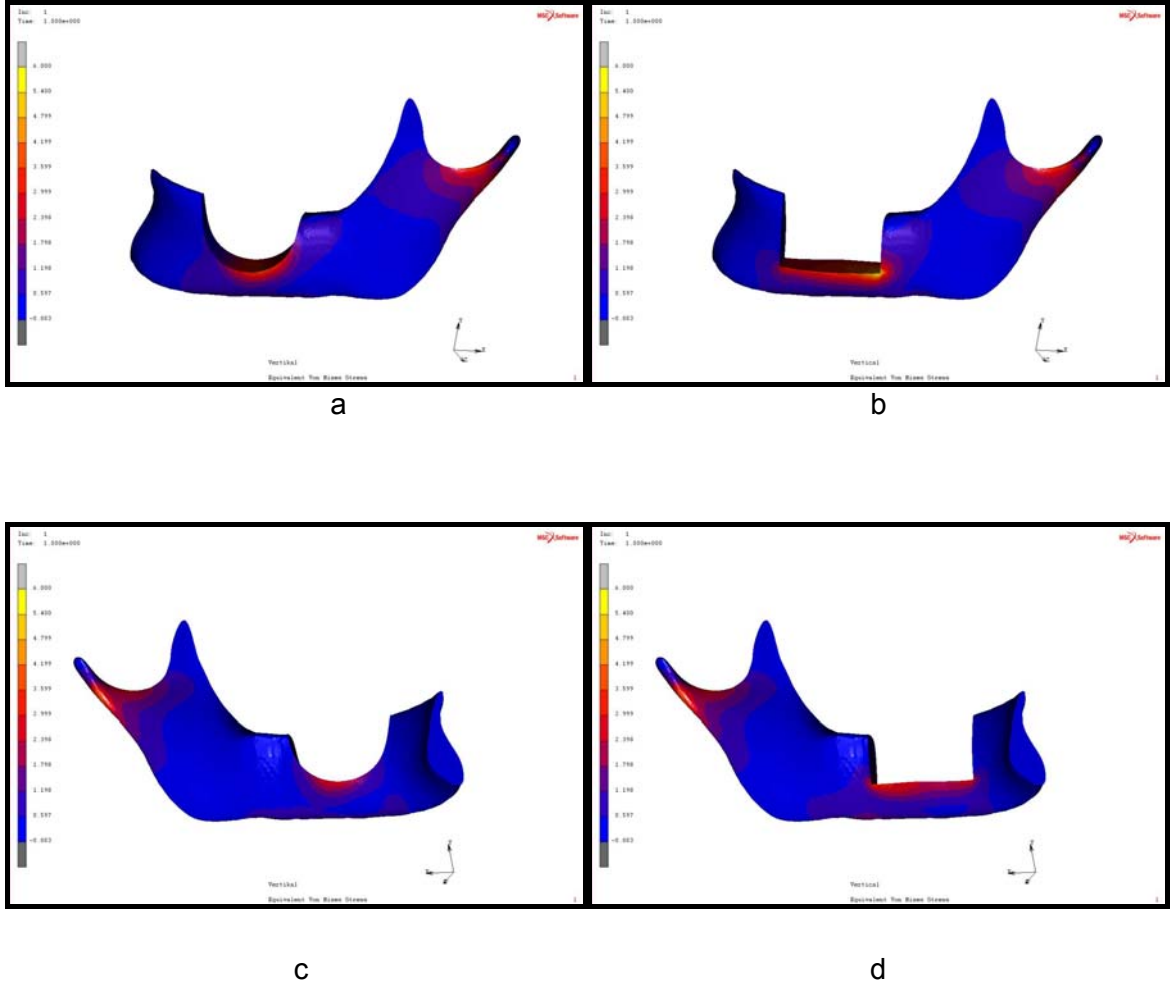
Şekil 4.32. Vertikal kuvvette spongios kemikteki Principal Stres Min model görüntüleri

- a) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında spongios kemikteki Principal Stres Min değeri model görüntüsü
- b) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında spongios kemikteki Principal Stres Min değeri model görüntüsü
- c) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında spongios kemikteki Principal Stres Min değeri model lingual görüntüsü
- d) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında spongios kemikteki Principal Stres Min değeri model lingual görüntüsü



Şekil 4.33. Vertikal kuvvet uygulandığında modellerde spongiöz kemikte oluşan Von Misses Stres değerleri

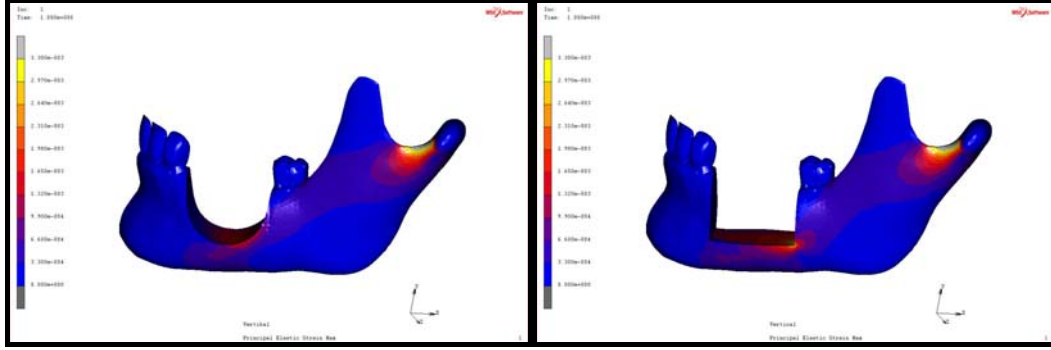
Vertikal olarak 150 N kuvvet uygulandığında modellerde spongiöz kemikte oluşan Von Misses Stres değerleri köşeli hazırlanan modelde 5.99 Mpa, eğimli hazırlanan modelde ise 4.20 MPa bulunmuştur.



Şekil 4.34. Vertikal kuvvette spongioz kemikteki Von Misses Stres model görüntüleri

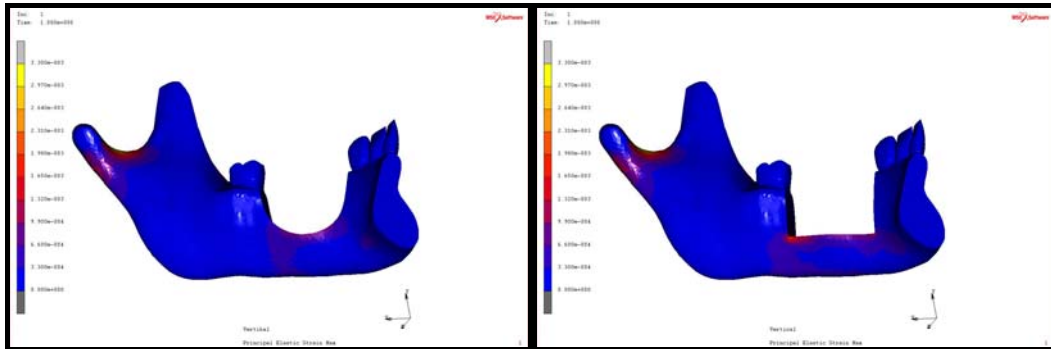
- a) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında spongioz kemikteki Von Misses Stres değeri model görüntüsü
- b) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında spongioz kemikteki Von Misses Stres değeri model görüntüsü
- c) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında spongioz kemikteki Von Misses Stres değeri model lingual görüntüsü
- d) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında spongioz kemikteki Von Misses Stres değeri model lingual görüntüsü

4.5. Vertikal Kuvvet Uygulandığında Eğimli Ve Köşeli Osteotomilerdeki Tüm Modeldeki Principal Strain Max-Min, Principal Stres Max-Min Ve Von Misses Değerleri



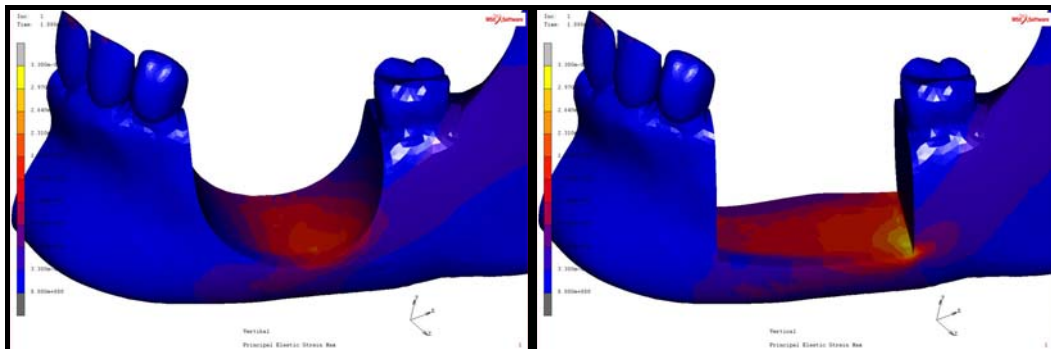
a

b



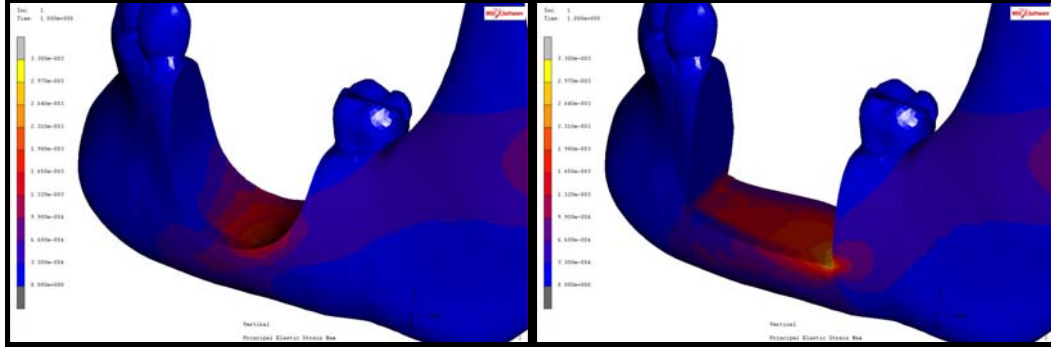
c

d



e

f

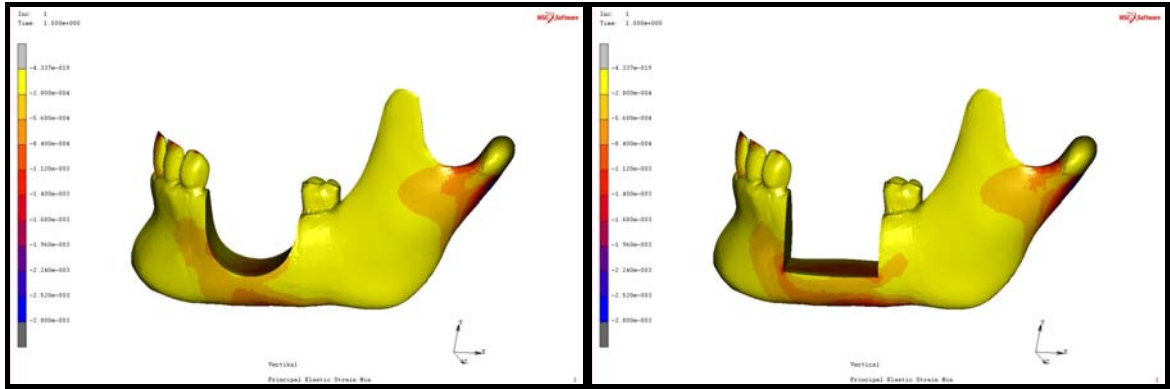


g

h

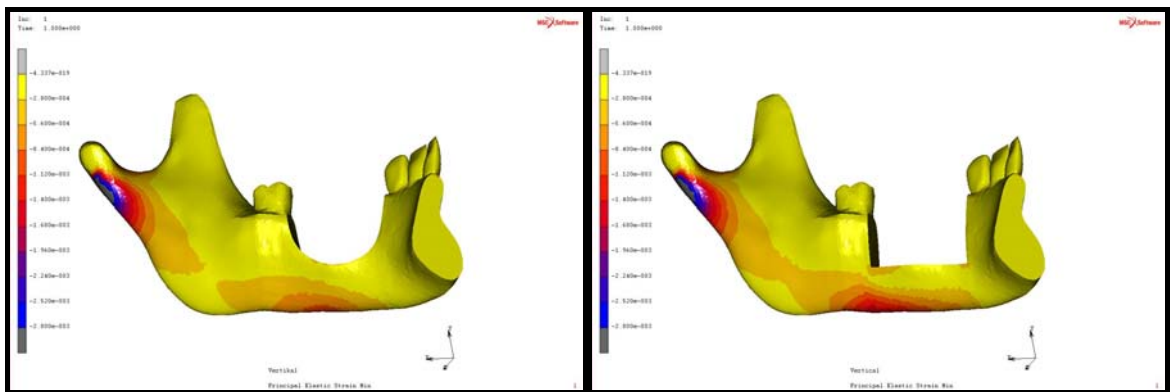
Şekil 4.35. Vertikal kuvvette tüm modeldeki Principal Strain Max model görüntüleri

- Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Max değeri model görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Max değeri model görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Max değeri model lingual görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Max değeri model lingual görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Max değeri model yakın plan görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Max değeri model yakın plan görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Max değeri model yakın plan açılı görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Max değeri model yakın plan açılı görüntüsü



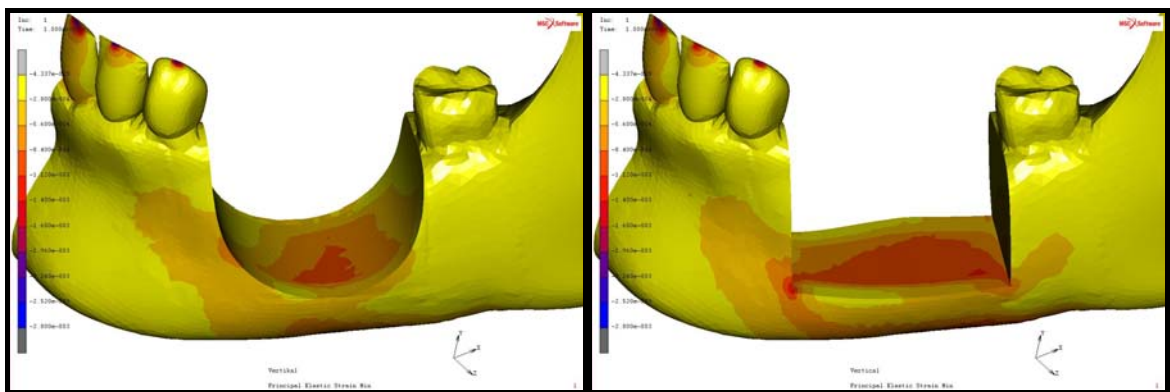
a

b



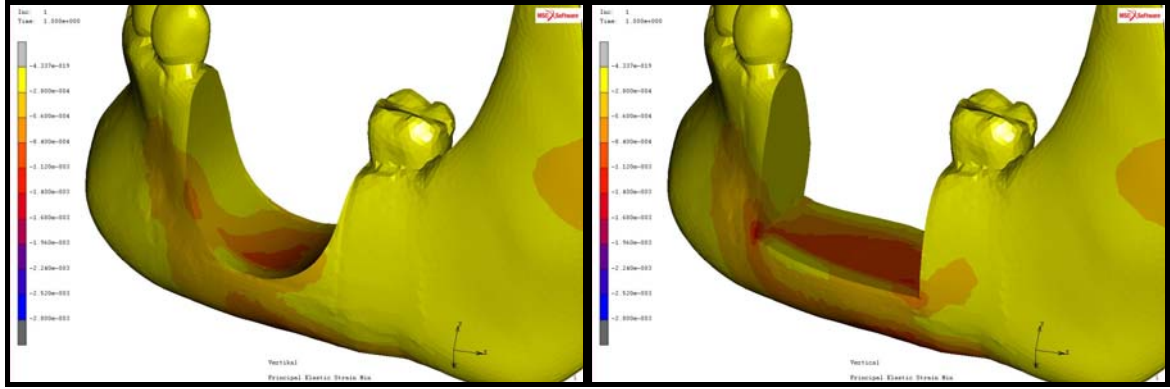
c

d



e

f

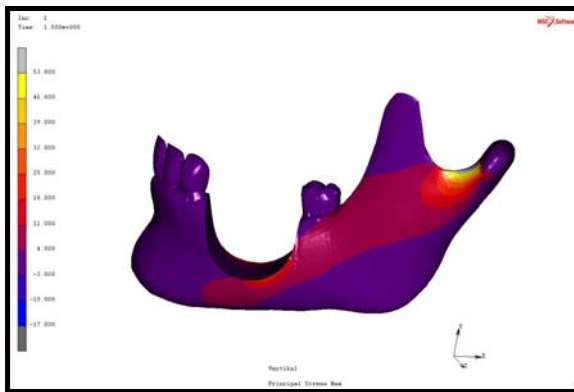


g

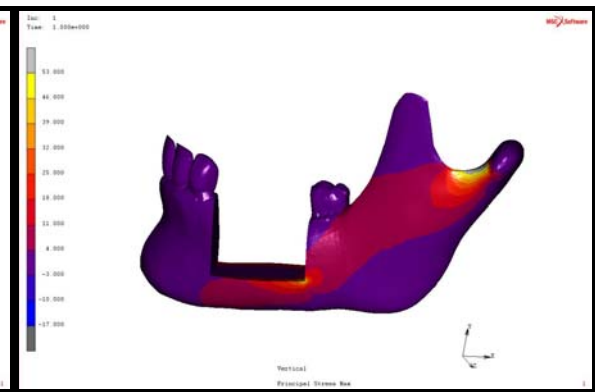
h

Şekil 4.36. Vertikal kuvvette tüm modeldeki Principal Strain Min model görüntüleri

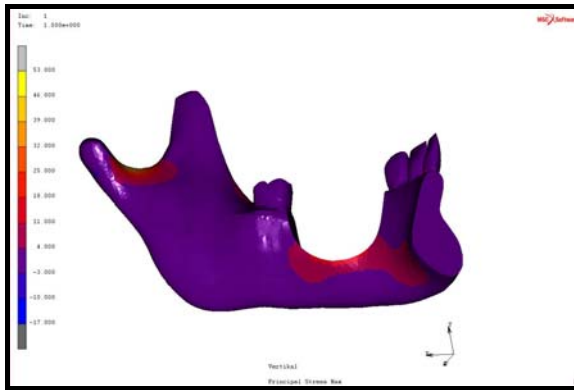
- Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Min değeri model görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Min değeri model görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Min değeri model lingual görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Min değeri model lingual görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Min değeri model yakın plan görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Min değeri model yakın plan görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Min değeri model yakın plan açılı görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Min değeri model yakın plan açılı görüntüsü



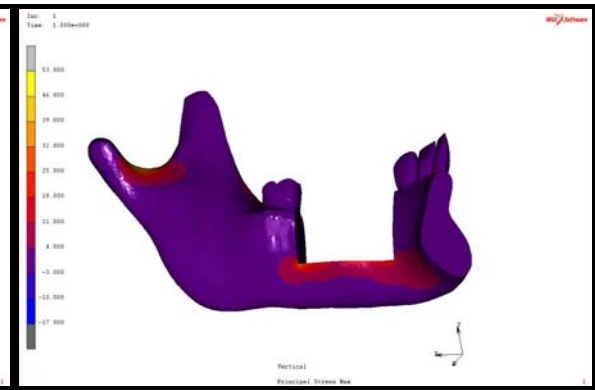
a



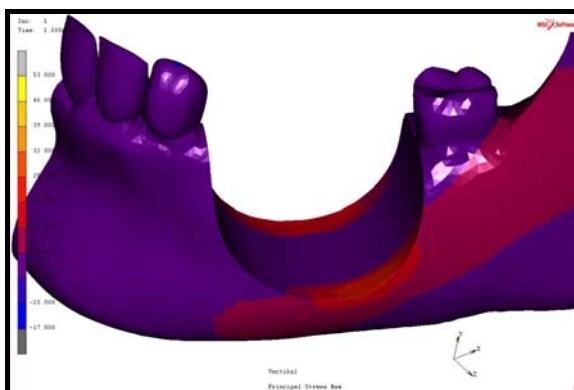
b



c



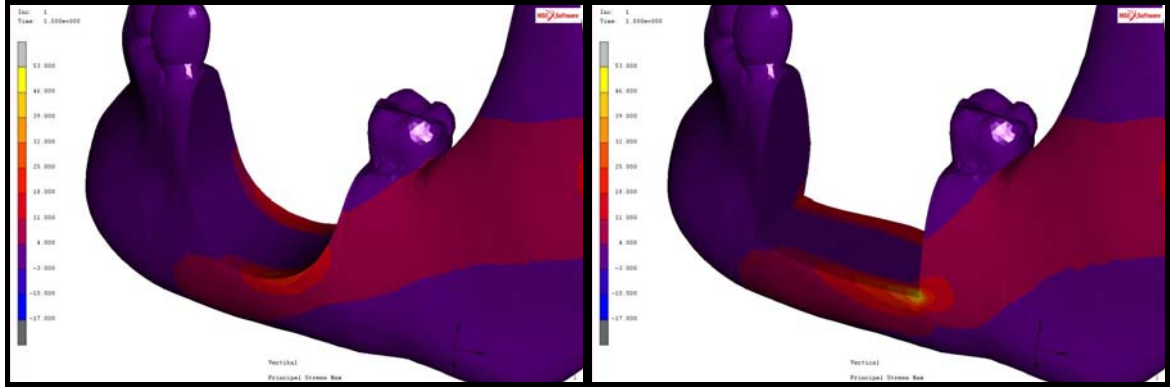
d



e



f

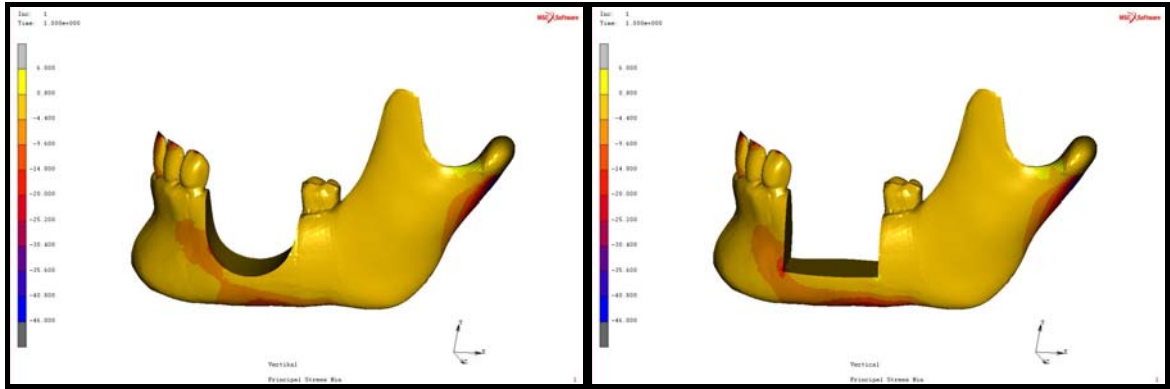


g

h

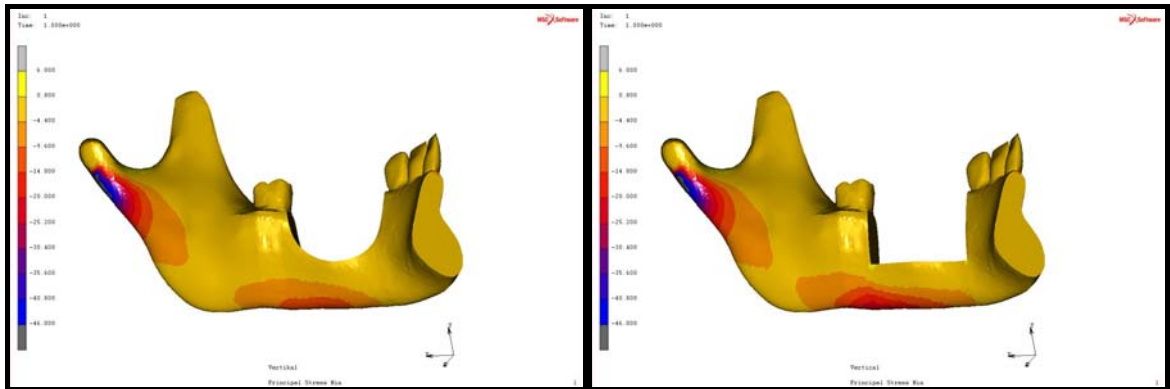
Şekil 4.37. Vertikal kuvvette tüm modeldeki Principal Stres Max model görüntüleri

- a) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Max değeri model görüntüsü
- b) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Max değeri model görüntüsü
- c) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Max değeri model lingual görüntüsü
- d) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Max değeri model lingual görüntüsü
- e) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Max değeri model yakın plan görüntüsü
- f) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Max değeri model yakın plan görüntüsü
- g) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Max değeri model yakın plan açılı görüntüsü
- h) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Max değeri model yakın plan açılı görüntüsü



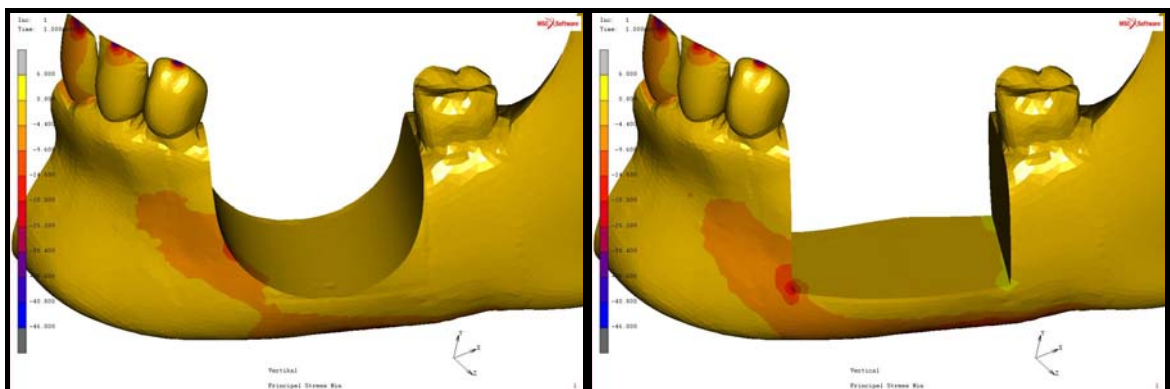
a

b



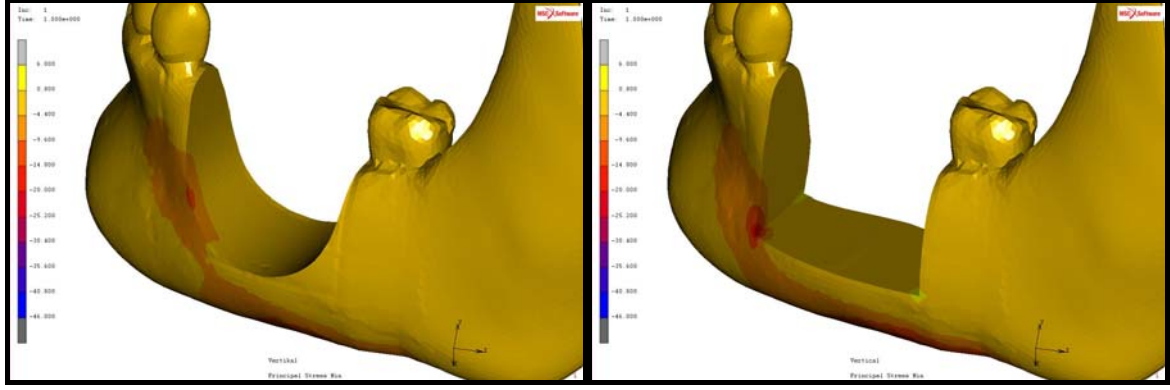
c

d



e

f

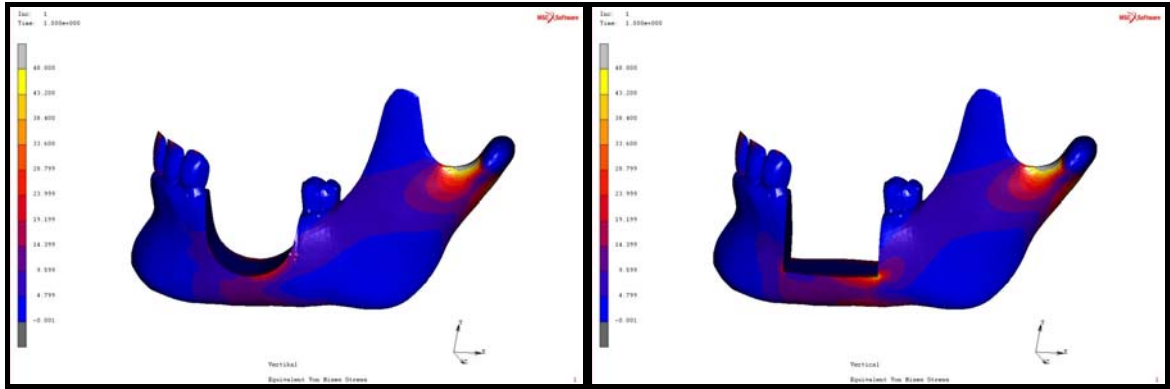


g

h

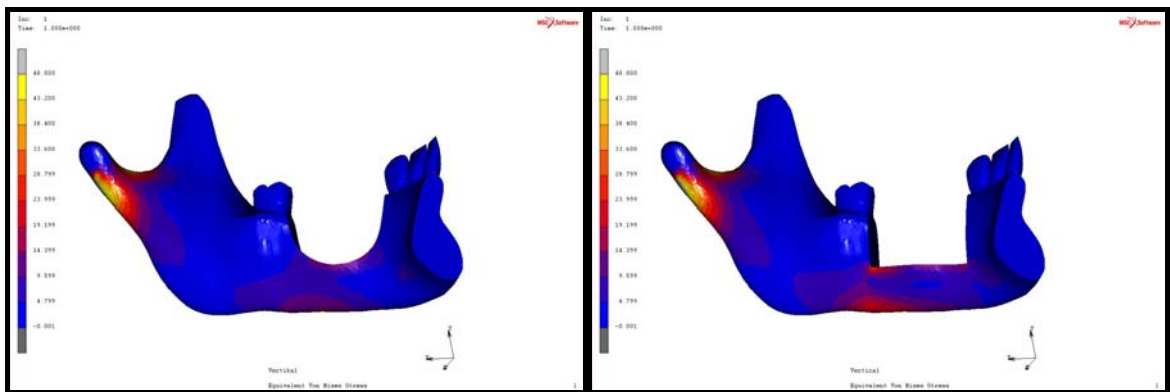
Şekil 4.38. Vertikal kuvvette tüm modeldeki Principal Stress Min model görüntüleri

- a) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Min değeri model görüntüsü
- b) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Min değeri model görüntüsü
- c) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Min değeri model lingual görüntüsü
- d) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Min değeri model lingual görüntüsü
- e) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Min değeri model yakın plan görüntüsü
- f) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Min değeri model yakın plan görüntüsü
- g) Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Min değeri model yakın plan açılı görüntüsü
- h) Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Min değeri model yakın plan açılı görüntüsü



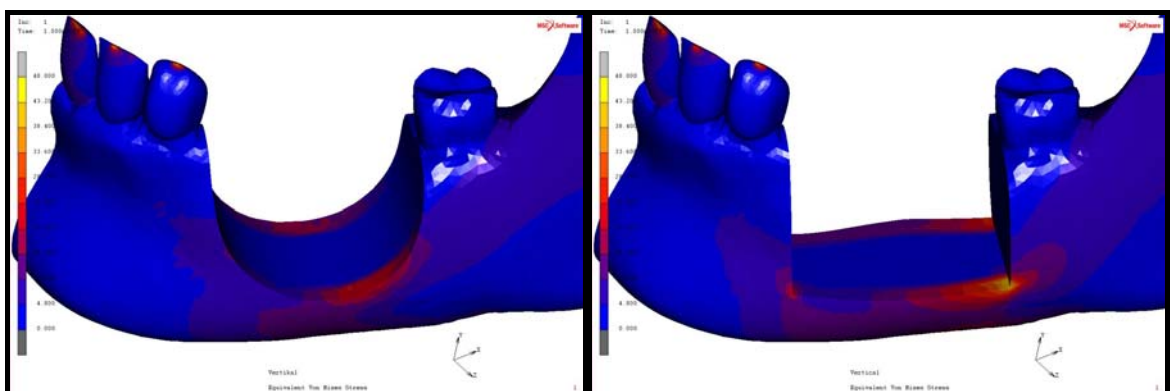
a

b



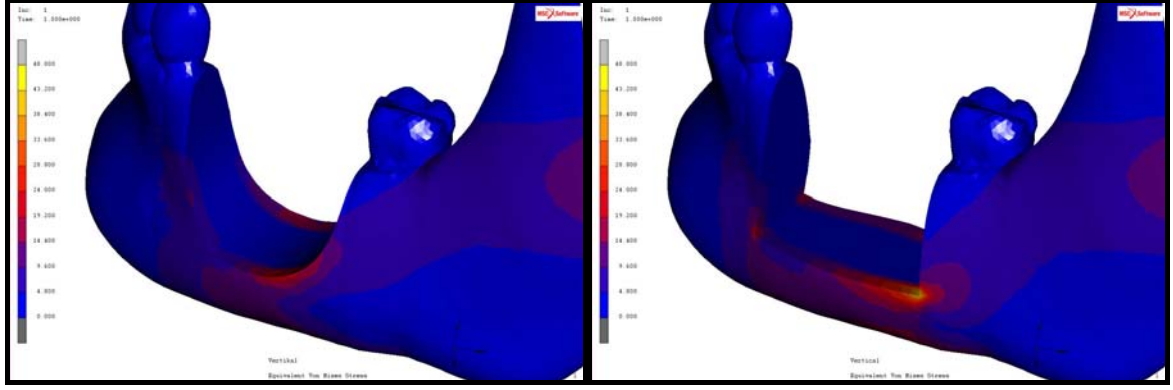
c

d



e

f



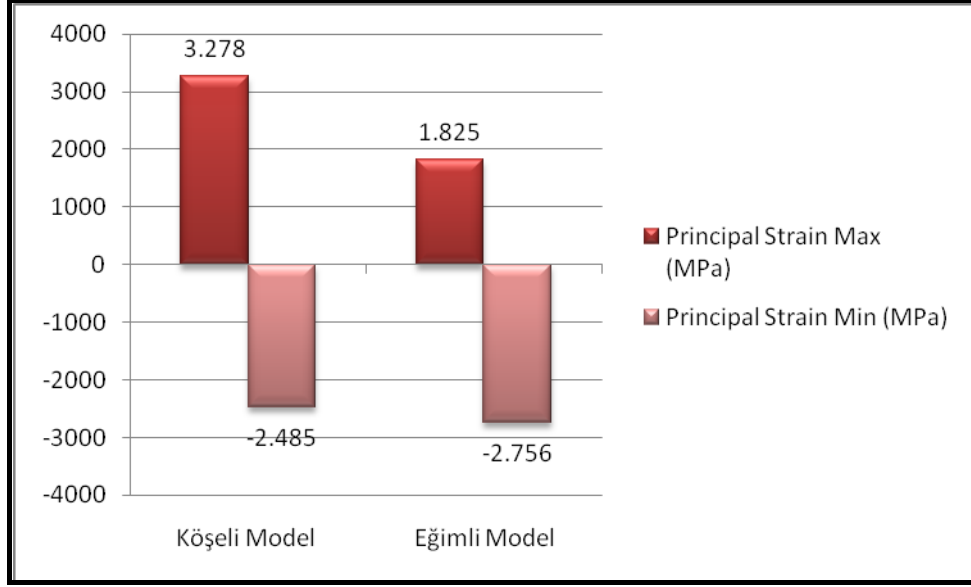
g

h

Şekil 4.39. Vertikal kuvvette tüm modeldeki Von Misses Stresi model görüntüleri

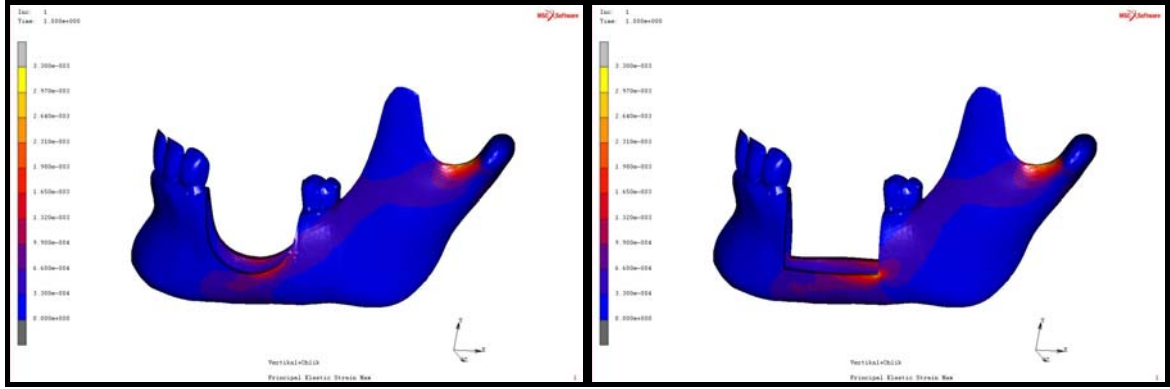
- Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Von Misses Stres değeri model görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Von Misses Stres model görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Von Misses Stres model lingual görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Von Misses Stres değeri model lingual görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Von Misses Stres değeri model yakın plan görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Von Misses Stres değeri model yakın plan görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Von Misses Stres değeri model yakın plan açılı görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin 150 N vertikal kuvvet uygulandığında tüm modeldeki Von Misses Stres değeri model yakın plan açılı görüntüsü

4.6. Vertikal ve Oblik Kuvvet Beraber Uygulandığında Eğimli Ve Köşeli Osteotomilerdeki Kortikal Kemikteki Principal Strain Max-Min, Principal Stres Max-Min Ve Von Misses Değerleri



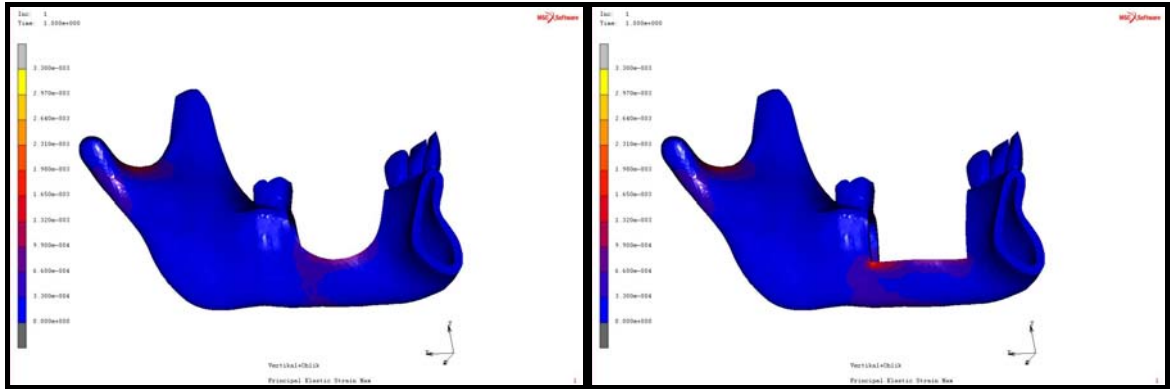
Şekil 4.40. Vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında modellerde kortikal kemikte oluşan Principal Strain Max ve Min değerleri

Vertikal olarak 150 N kuvvet ve oblik olarak 250 N kuvvet birlikte uygulandığında kortikal kemikte Principal Strain Max (gerilme kuvvetlerinin olduğu bölgelerdeki maksimum gerilme kuvveti) değeri köşeli olarak hazırlanan modelde 3278 MPa, eğimli hazırlanan modelde 1825 MPa bulunmuştur. Principal Strain Min (sıkışma kuvvetlerinin olduğu bölgelerdeki gerilme kuvvetleri) değeri köşeli hazırlanan modelde 2485 MPa, eğimli hazırlanan modelde 2756 MPa bulunmuştur.



a

b

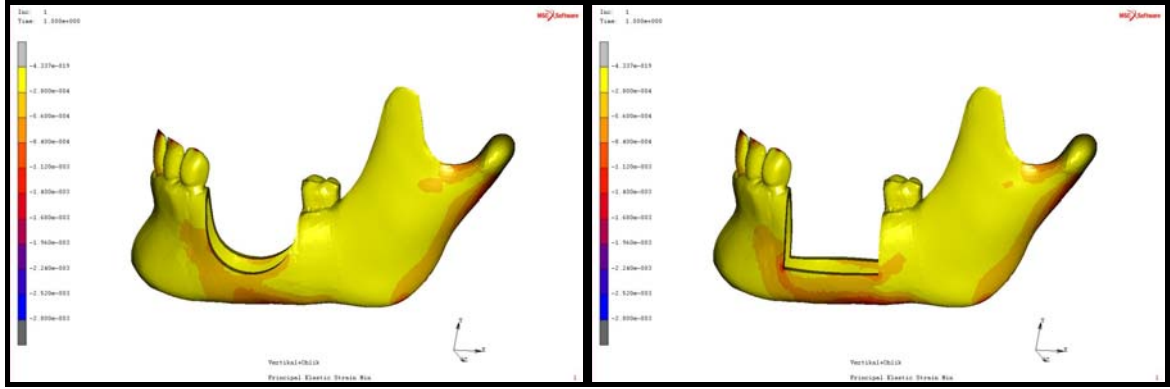


c

d

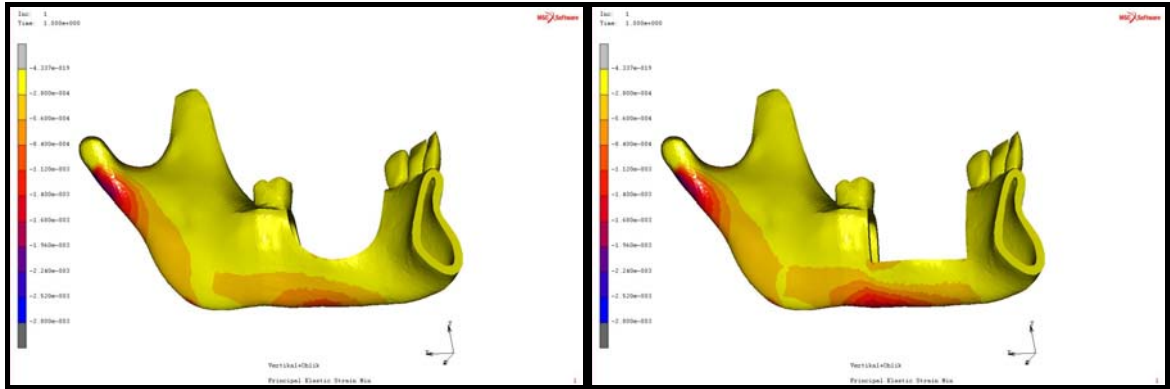
Şekil 4.41. Vertikal ve oblik kuvvette kortikal kemikte Principal Strain Max model görüntüleri

- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında kortikal kemikteki Principal Strain Max değeri model görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında kortikal kemikteki Principal Strain Max değeri model görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında kortikal kemikteki Principal Strain Max değeri model lingual görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında kortikal kemikteki Principal Strain Max değeri model lingual görüntüsü



a

b

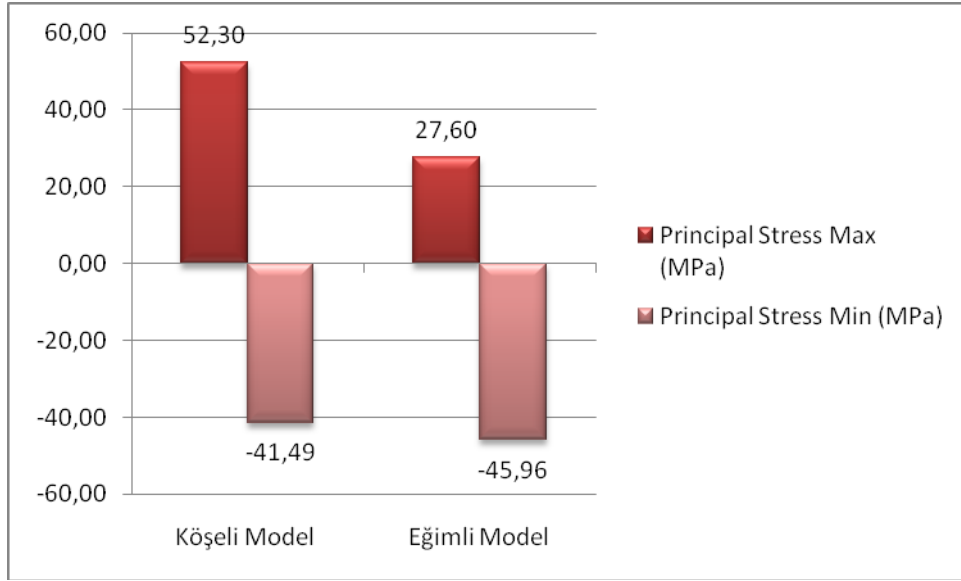


c

d

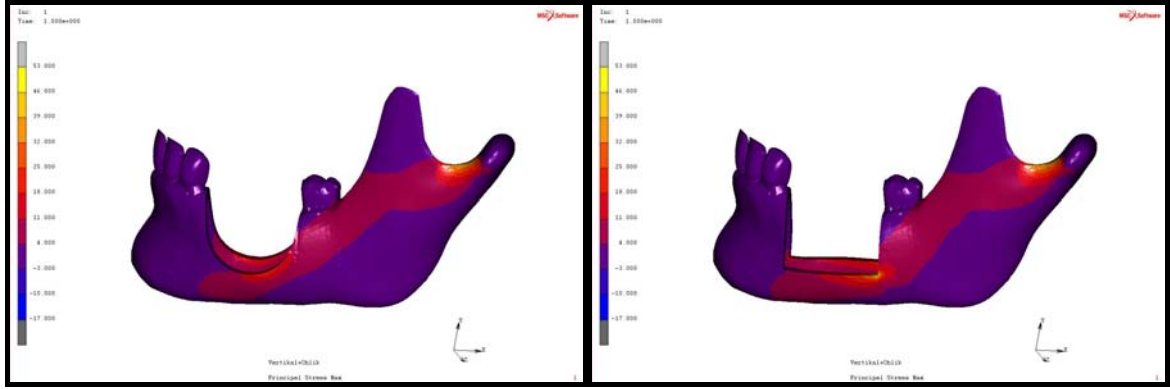
Şekil 4.42. Vertikal ve oblik kuvvette kortikal kemikte Principal Strain Min model görüntüleri

- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında kortikal kemikteki Principal Strain Min değeri model görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında kortikal kemikteki Principal Strain Min değeri model görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında kortikal kemikteki Principal Strain Min değeri model lingual görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında kortikal kemikteki Principal Strain Min değeri model lingual görüntüsü



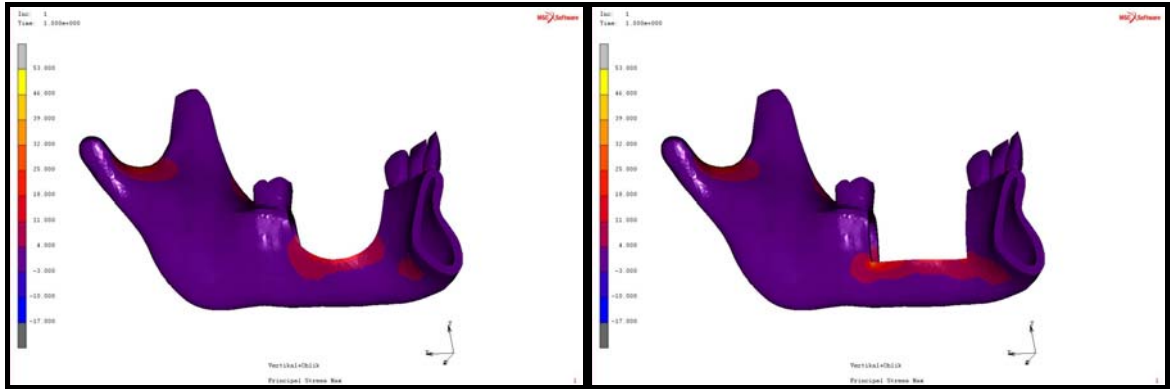
Şekil 4.43. Vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında modellerde kortikal kemikte oluşan Principal Stres Max ve Min değerleri

Vertikal olarak 150 N kuvvet ve oblik olarak 250 N kuvvet uygulandığında modellerde kortikal kemikte oluşan Principal Stres Max (gerilme kuvveti) değeri köşeli hazırlanan modelde 52.30 MPa, eğimli hazırlanan modelde ise 27.60 MPa bulunmuştur. Principal Stres Min (sıkışma kuvveti) değeri köşeli hazırlanan modelde 41.49 MPa, eğimli hazırlanan modelde 45.96 MPa bulunmuştur.



a

b

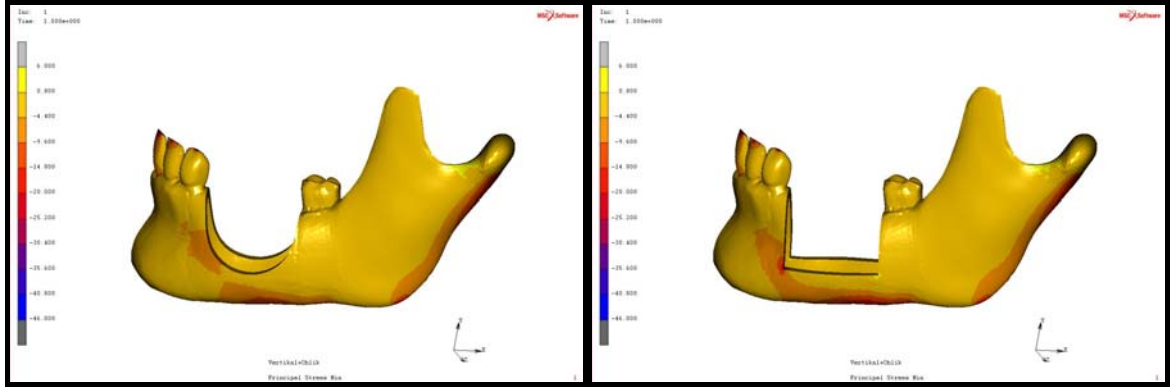


c

d

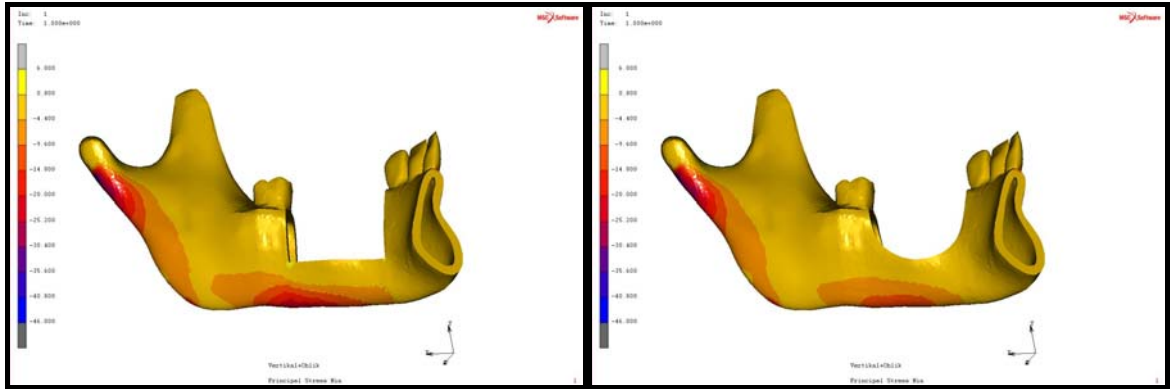
Şekil 4.44. Vertikal ve oblik kuvvette kortikal kemikte Principal Stres Max model görüntüleri

- a) Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında kortikal kemikteki Principal Stress Max değeri model görüntüsü
- b) Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında kortikal kemikteki Principal Stress Max değeri model görüntüsü
- c) Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında kortikal kemikteki Principal Stress Max değeri model lingual görüntüsü
- d) Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında kortikal kemikteki Principal Stress Max değeri model lingual görüntüsü



a

b

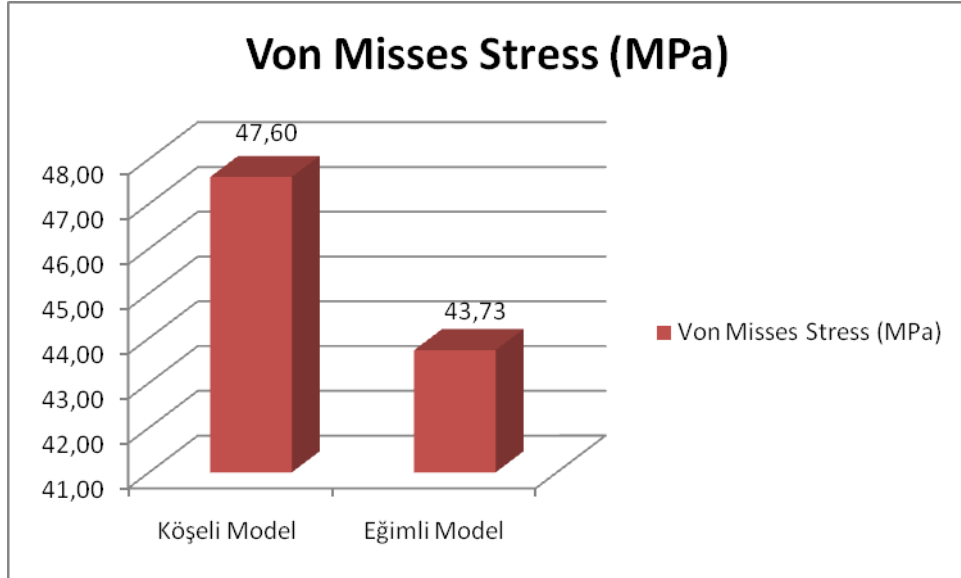


c

d

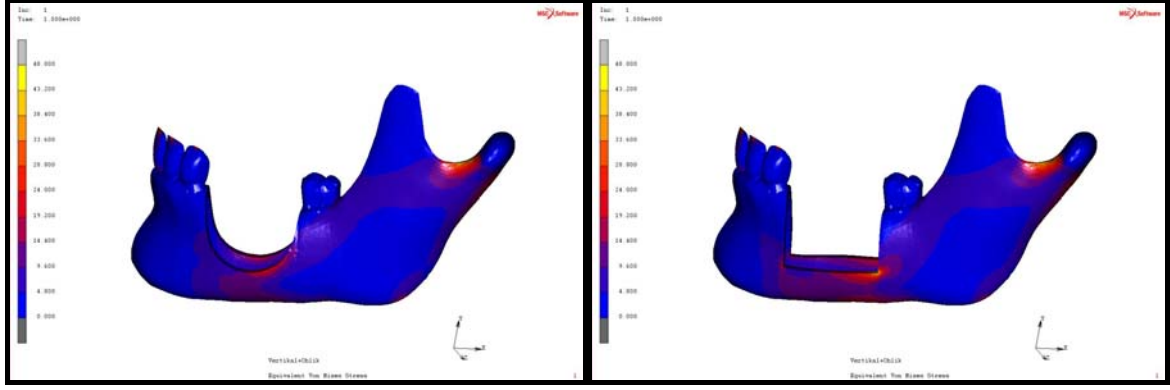
Şekil 4.45. Vertikal ve oblik kuvvette kortikal kemikte Principal Stres Min model görüntüleri

- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında kortikal kemikteki Principal Stress Min değeri model görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında kortikal kemikteki Principal Stress Min değeri model görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında kortikal kemikteki Principal Stress Min değeri model lingual görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında kortikal kemikteki Principal Stress Min değeri model lingual görüntüsü



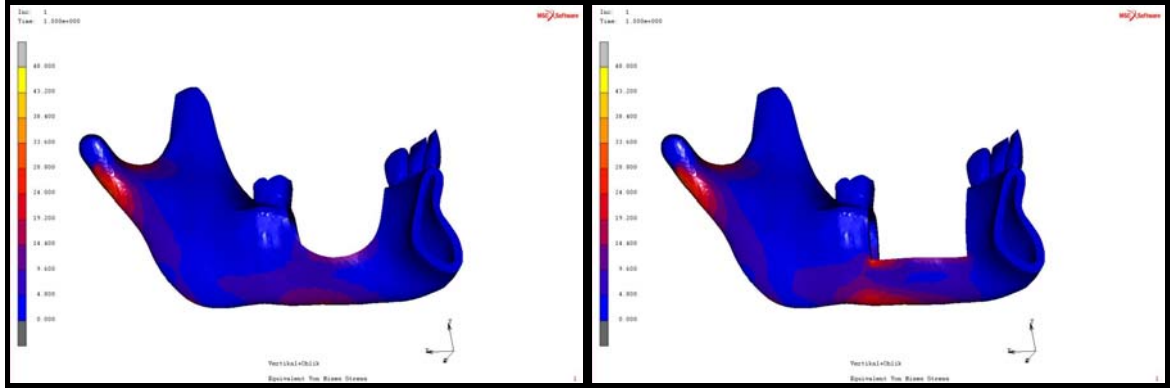
Şekil 4.46. Vertikal ve oblik kuvvette kortikal kemikte Von Misses Stres değerleri

Vertikal olarak 150 N ve oblik olarak 250 N kuvvet uygulandığında modellerde kortikal kemikte oluşan Von Misses Stres değerleri köşeli hazırlanan modelde 47.60 MPa, eğimli hazırlanan modelde ise 43.73 MPa bulunmuştur.



a

b



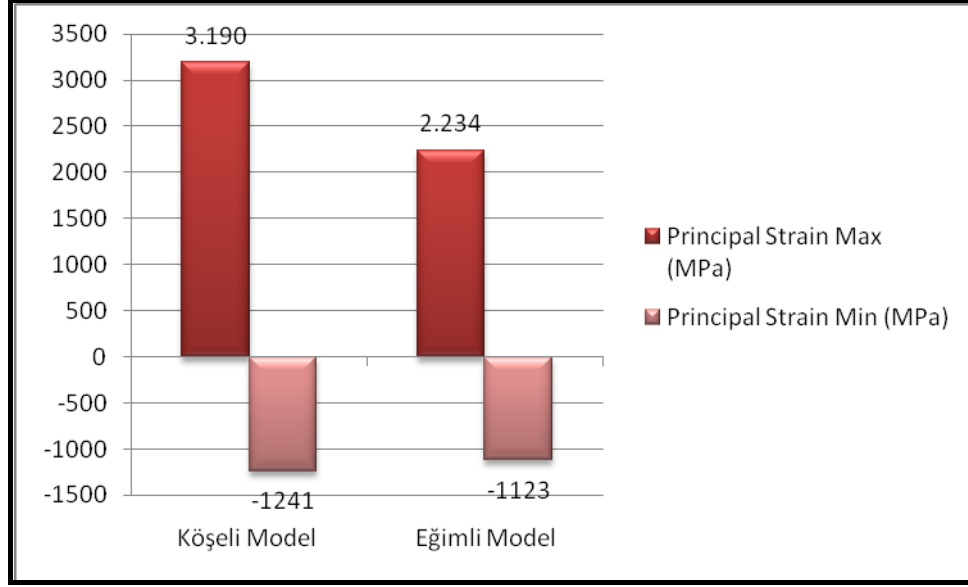
c

d

Şekil 4.47. Vertikal ve oblik kuvvette kortikal kemikte Von Misses Stres model görüntüleri

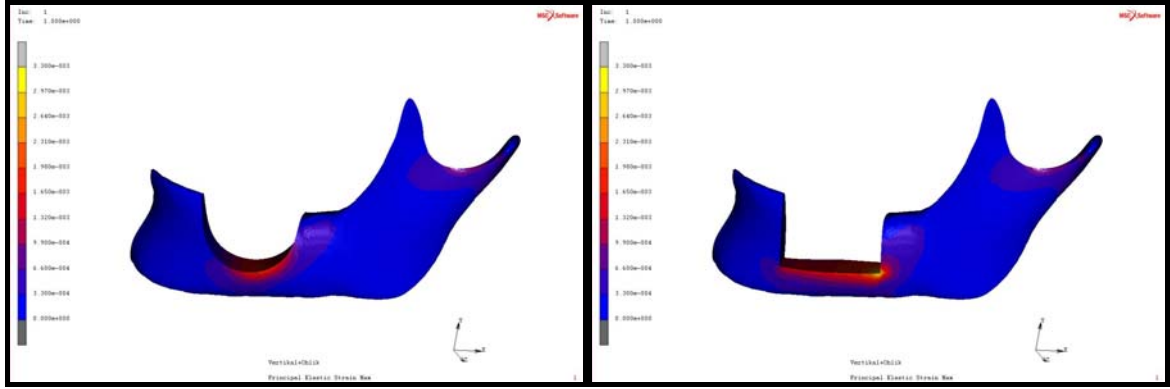
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında kortikal kemikteki Von Misses Stres değeri model görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında kortikal kemikteki Von Misses Stres değeri model görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında kortikal kemikteki Von Misses Stres değeri model lingual görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında kortikal kemikteki Von Misses Stres değeri model lingual görüntüsü

4.7. Vertikal ve Oblik Kuvvet Beraber Uygulandığında Eğimli ve Köşeli Osteotomilerdeki Spongioz Kemikteki Principal Strain Max-Min, Principal Stres Max-Min Ve Von Misses Değerleri



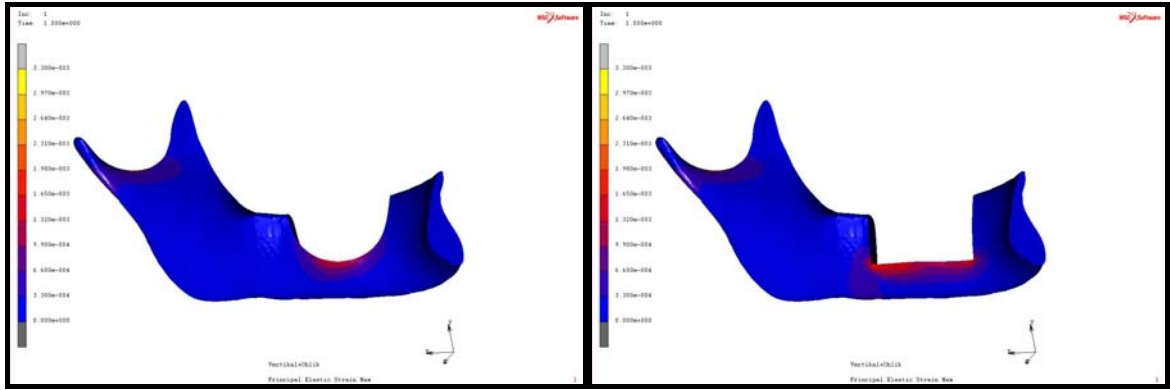
Şekil 4.48. Vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında modellerde spongioz kemikte oluşan Principal Strain Max ve Min değerleri

Vertikal olarak 150 N ve oblik olarak 250 N kuvvet uygulandığında spongioz kemikte Principal Strain Max (gerilme kuvvetlerinin olduğu bölgelerdeki maksimum gerilme kuvveti) değeri köşeli olarak hazırlanan modelde 3190 MPa, eğimli hazırlanan modelde 2234 MPa bulunmuştur. Principal Strain Min (sıkışma kuvvetlerinin olduğu bölgelerdeki gerilme kuvvetleri) değeri köşeli hazırlanan modelde 1241 MPa, eğimli hazırlanan modelde 1123 MPa bulunmuştur.



a

b

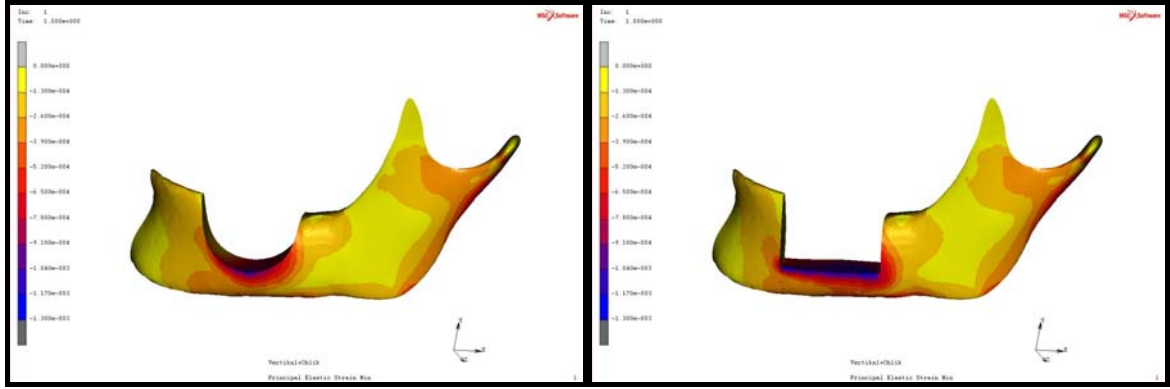


c

d

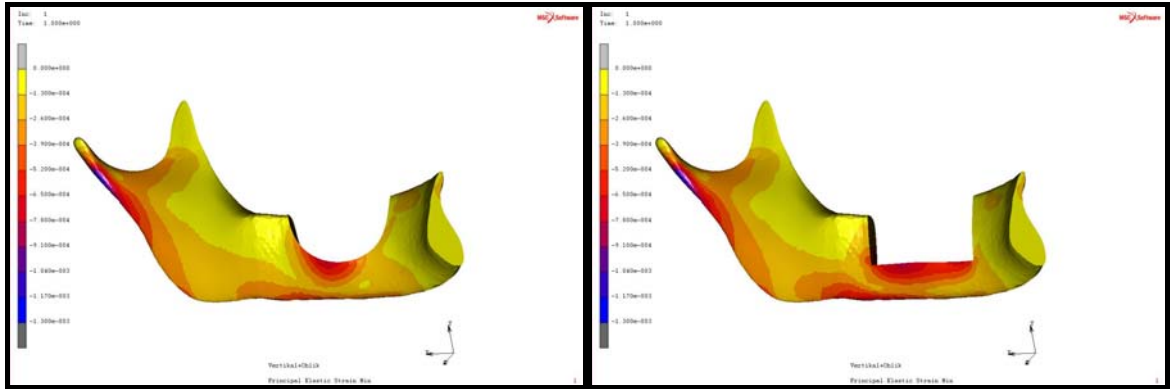
Şekil 4.49. Vertikal ve oblik kuvvette spongioz kemikteki Principal Strain Max model görüntüleri

- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında spongioz kemikteki Principal Strain Max değeri model görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında spongioz kemikteki Principal Strain Max değeri model görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında spongioz kemikteki Principal Strain Max değeri model lingual görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında spongioz kemikteki Principal Strain Max değeri model lingual görüntüsü



a

b

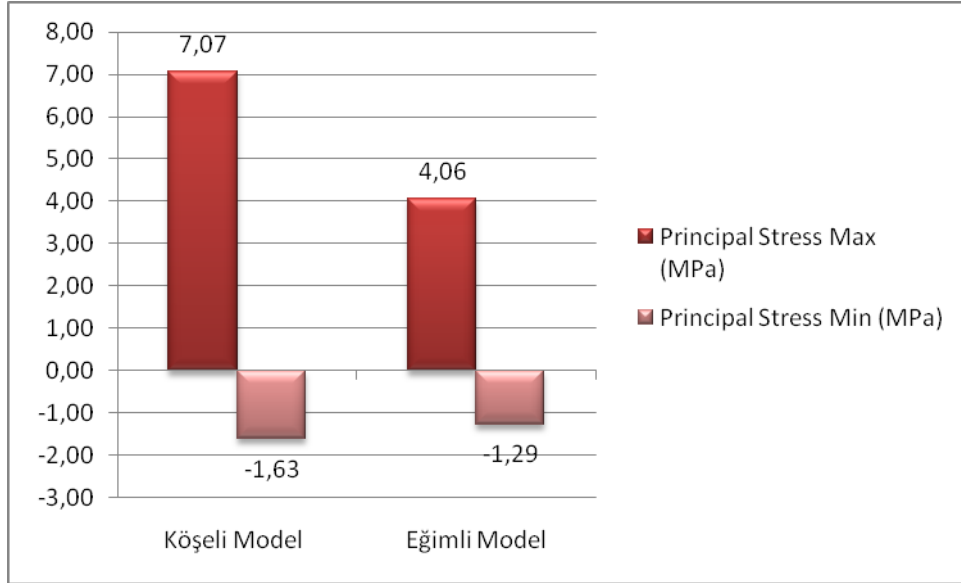


c

d

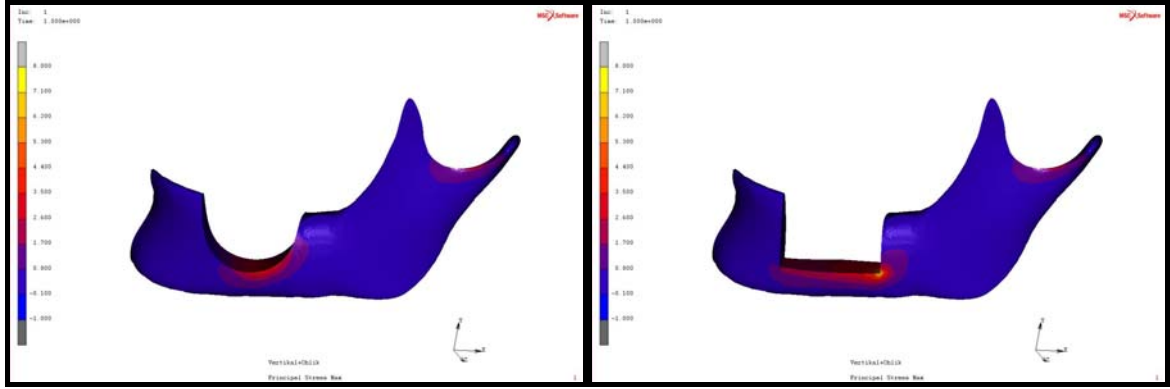
Şekil 4.50. Vertikal ve oblik kuvvette spongioz kemikteki Principal Strain Min model görüntüleri

- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında spongioz kemikteki Principal Strain Min değeri model görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında spongioz kemikteki Principal Strain Min değeri model görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında spongioz kemikteki Principal Strain Min değeri model lingual görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında spongioz kemikteki Principal Strain Min değeri model lingual görüntüsü



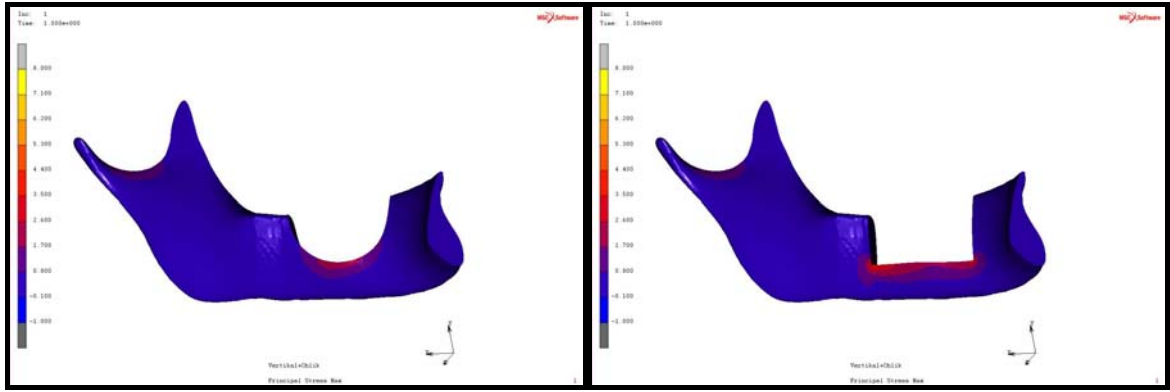
Şekil 4.51. Vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında modellerde spongioz kemikte oluşan Principal Stres Max ve Min değerleri

Vertikal olarak 150 N ve oblik olarak 250 N kuvvet uygulandığında modellerde spongioz kemikte oluşan Principal Stres Max (gerilme kuvveti) değeri köşeli hazırlanan modelde 7.07 MPa, eğimli hazırlanan modelde ise 4.06 MPa bulunmuştur. Principal Stres Min (sıkışma kuvveti) değeri köşeli hazırlanan modelde 1.63 MPa, eğimli hazırlanan modelde 1.29 MPa bulunmuştur.



a

b

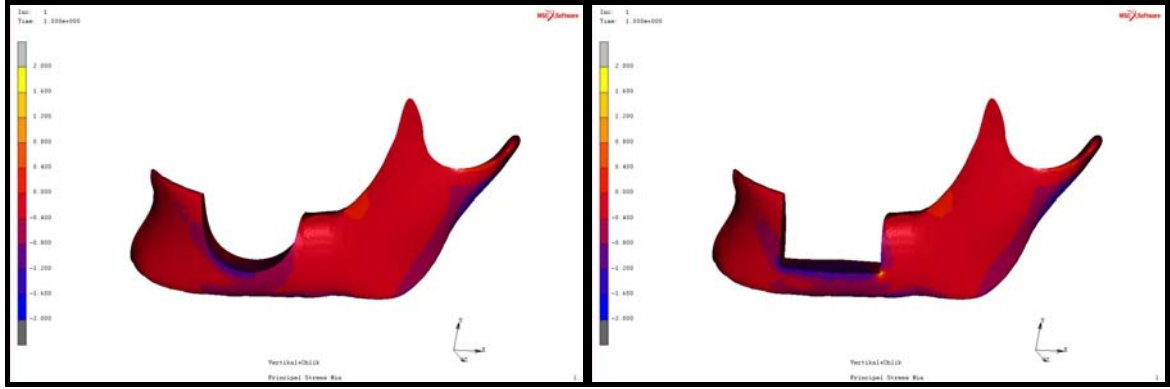


c

d

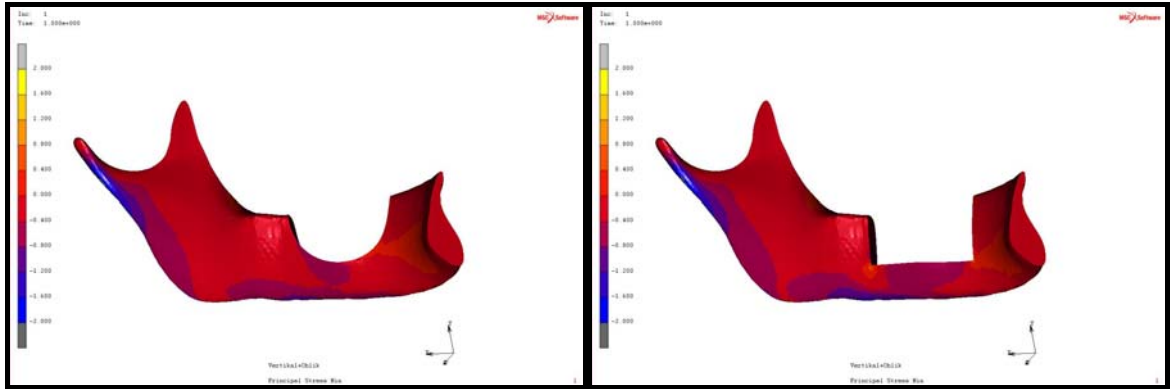
Şekil 4.52. Vertikal ve oblik kuvvette spongios kemikteki Principal Stres Max model görüntüleri

- a) Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında spongios kemikteki Principal Stres Max değeri model görüntüsü
- b) Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında spongios kemikteki Principal Stres Max değeri model görüntüsü
- c) Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında spongios kemikteki Principal Stres Max değeri model lingual görüntüsü
- d) Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında spongios kemikteki Principal Stres Max değeri model lingual görüntüsü



a

b

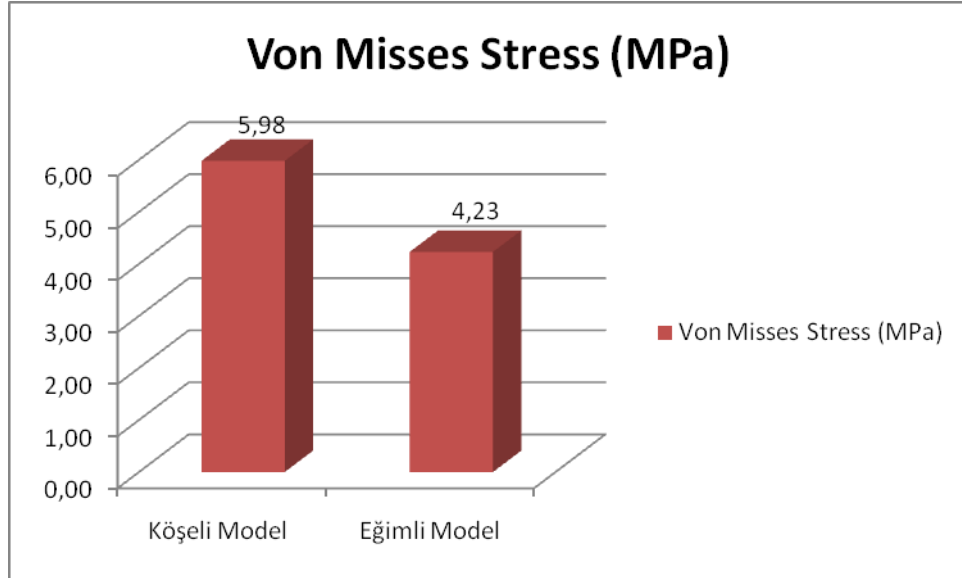


c

d

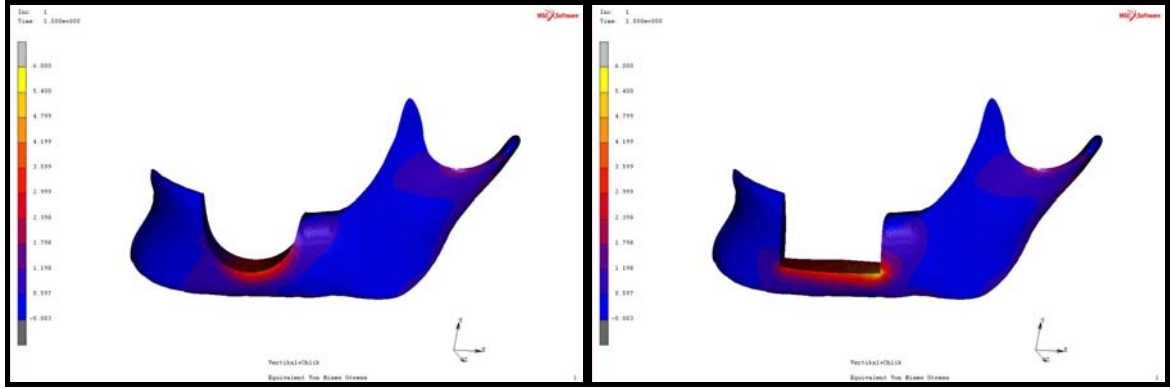
Şekil 4.53. Vertikal ve oblik kuvvette spongios kemikteki Principal Stres Min model görüntüleri

- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında spongios kemikteki Principal Stres Min değeri model görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında spongios kemikteki Principal Stres Min değeri model görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında spongios kemikteki Principal Stres Min değeri model lingual görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında spongios kemikteki Principal Stres Min değeri model lingual görüntüsü



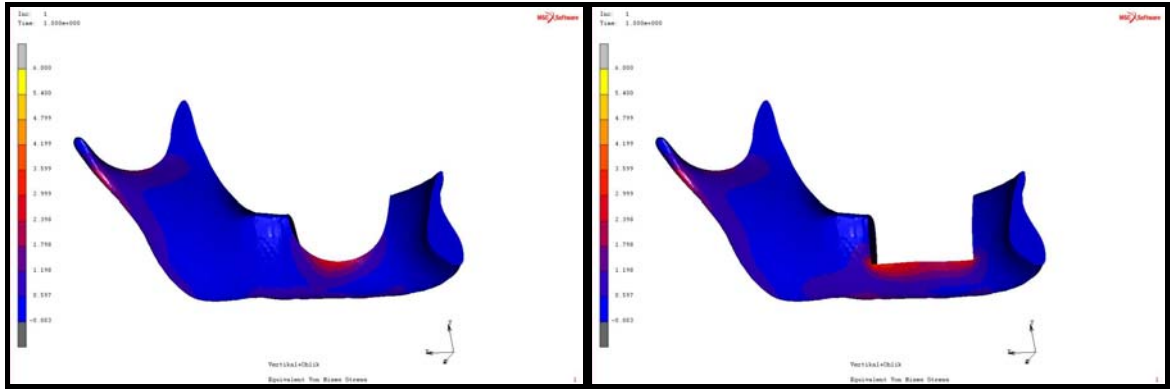
Şekil 4.54. Vertikal ve oblik kuvvette spongioz kemikteki Von Misses Stres model görüntüleri

Vertikal olarak 150 N ve oblik olarak 250 N kuvvet uygulandığında modellerde spongioz kemikte oluşan Von Misses Stres değerleri köşeli hazırlanan modelde 5.98 MPa, eğimli hazırlanan modelde ise 4.23 MPa bulunmuştur.



a

b



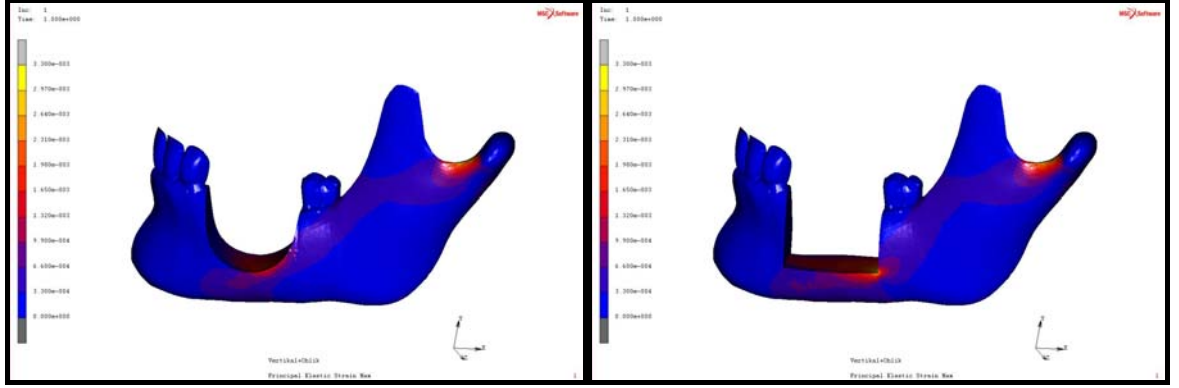
c

d

Şekil 4.55. Vertikal ve oblik kuvvette spongioz kemikteki Von Misses Stres model görüntüleri

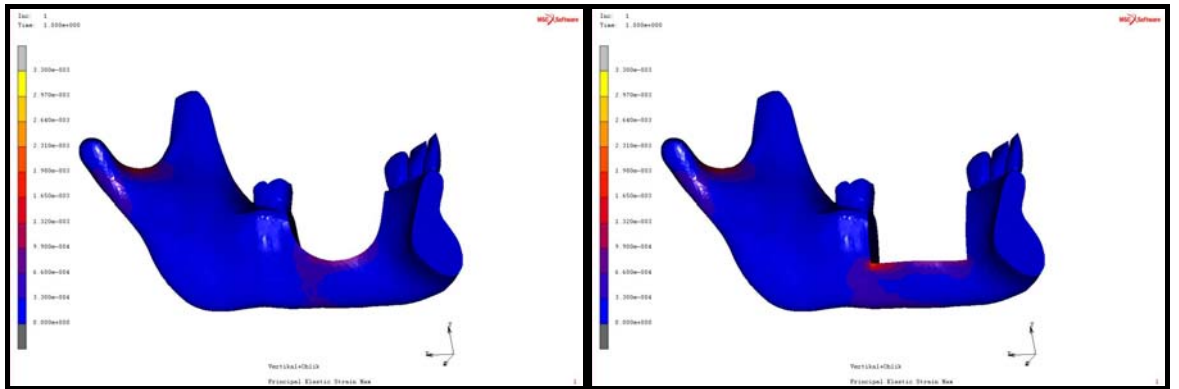
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında spongioz kemikteki Von Misses Stres değeri model görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında spongioz kemikteki Von Misses Stres değeri model görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında spongioz kemikteki Von Misses Stres değeri model lingual görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet beraber uygulandığında spongioz kemikteki Von Misses Stres değeri model lingual görüntüsü

4.8. Vertikal ve Oblik Kuvvet Beraber Uygulandığında Eğimli ve Köşeli Osteotomilerdeki Tüm Modeldeki Principal Strain Max-Min, Principal Stres Max-Min ve Von Misses Değerleri



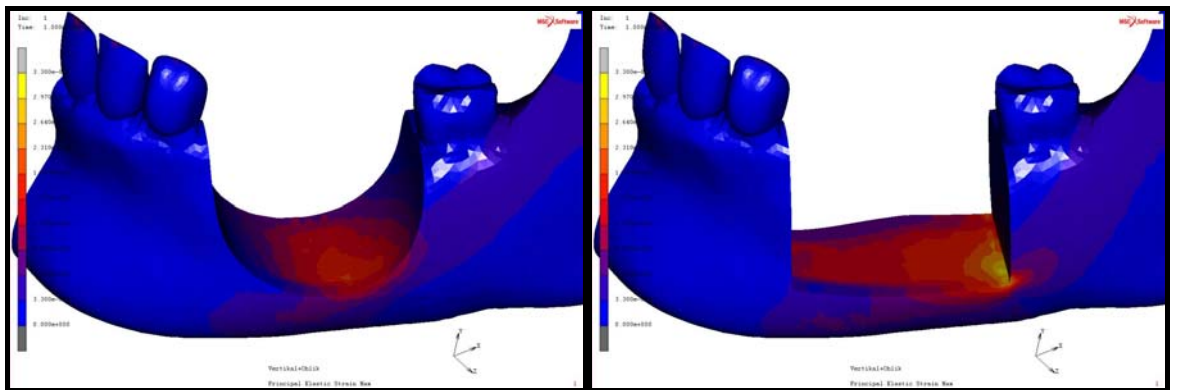
a

b



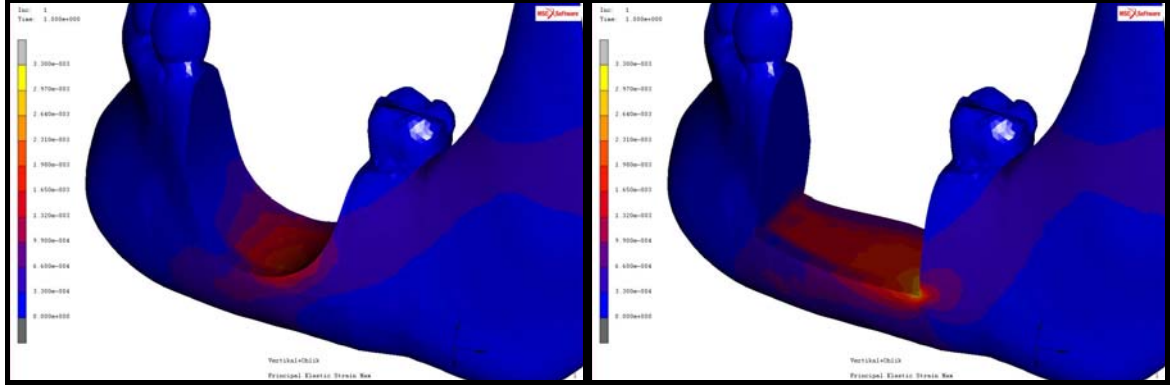
c

d



e

f

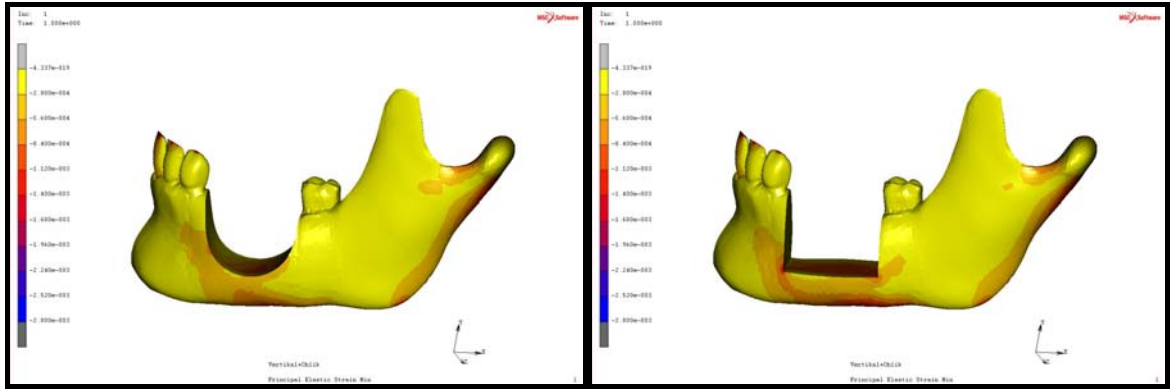


g

h

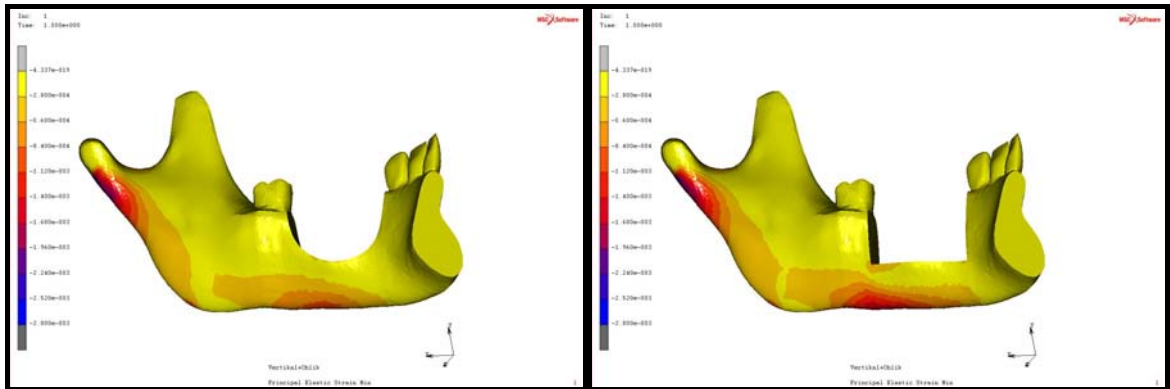
Şekil 4.56. Vertikal ve oblik kuvvette tüm modeldeki Principal Strain Max model görüntüleri

- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Max değeri model görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Max değeri model görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Max değeri model lingual görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Max değeri model lingual görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Max değeri model yakın plan görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Max değeri model yakın plan görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Max değeri model yakın plan açılı görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Max değeri model yakın plan açılı görüntüsü



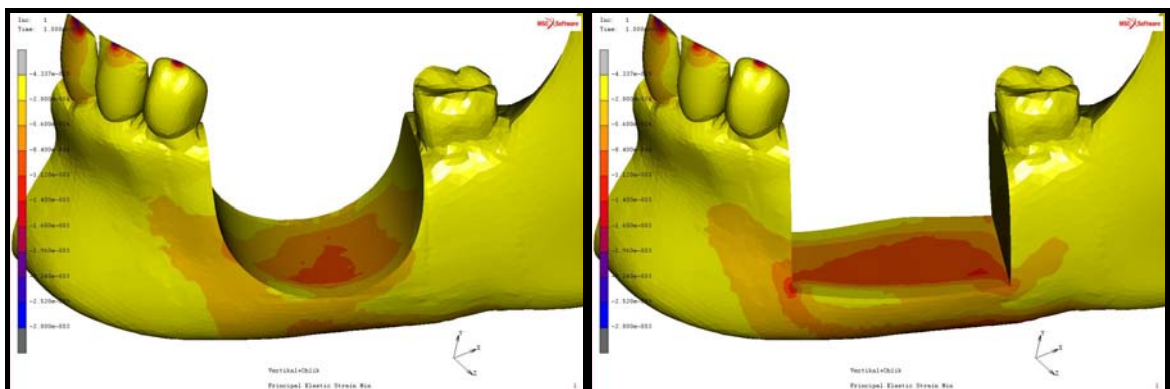
a

b



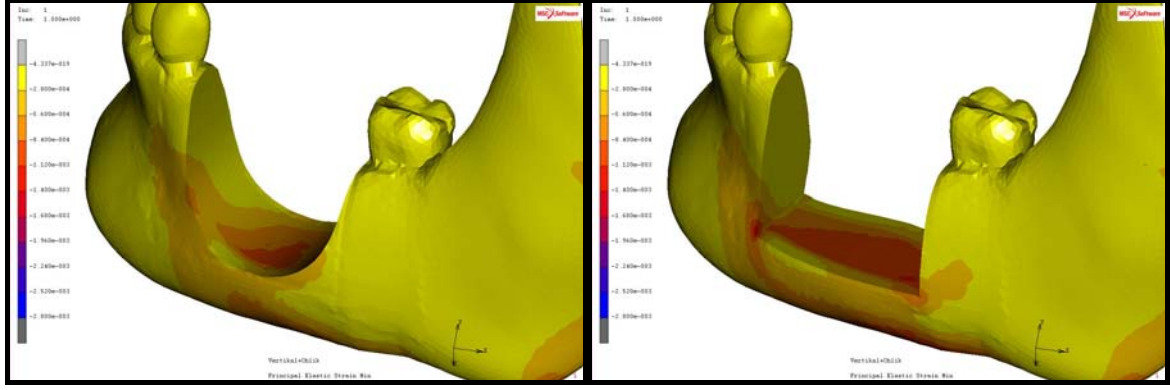
c

d



e

f

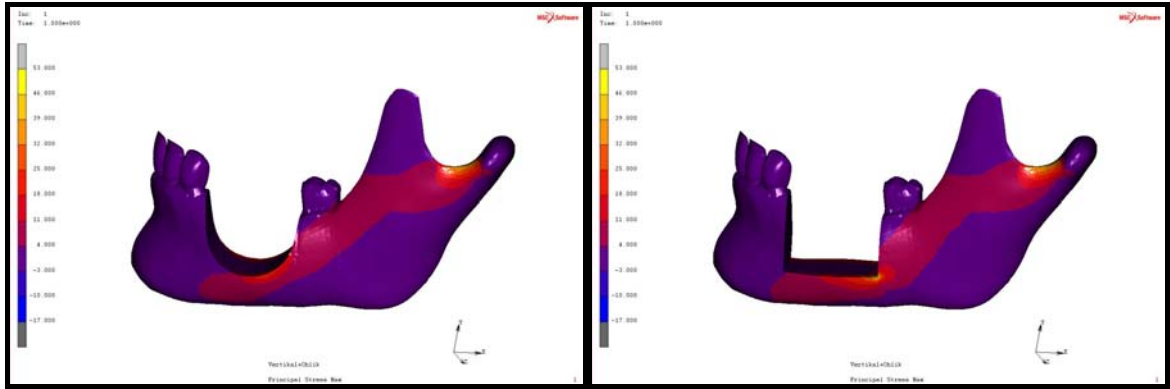


g

h

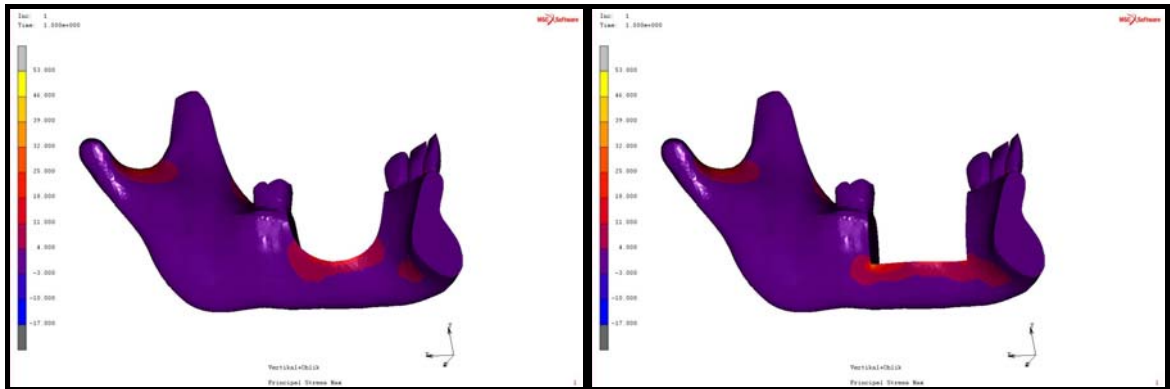
Şekil 4.57. Vertikal ve oblik kuvvette tüm modeldeki Principal Strain Min model görüntüleri

- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Min değeri model görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Min değeri model görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Min değeri model lingual görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Min değeri model lingual görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Min değeri model yakın plan görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Min değeri model yakın plan görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Min değeri model yakın plan açılı görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Strain Min değeri model yakın plan açılı görüntüsü



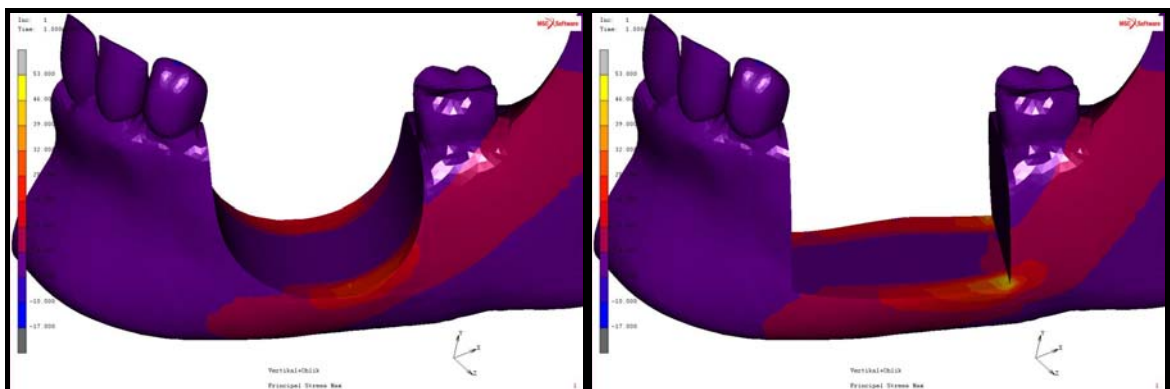
a

b



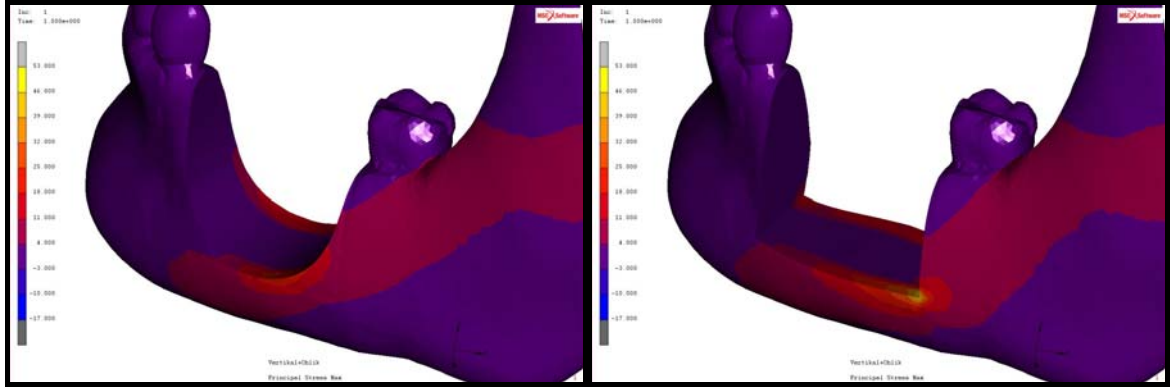
c

d



e

f

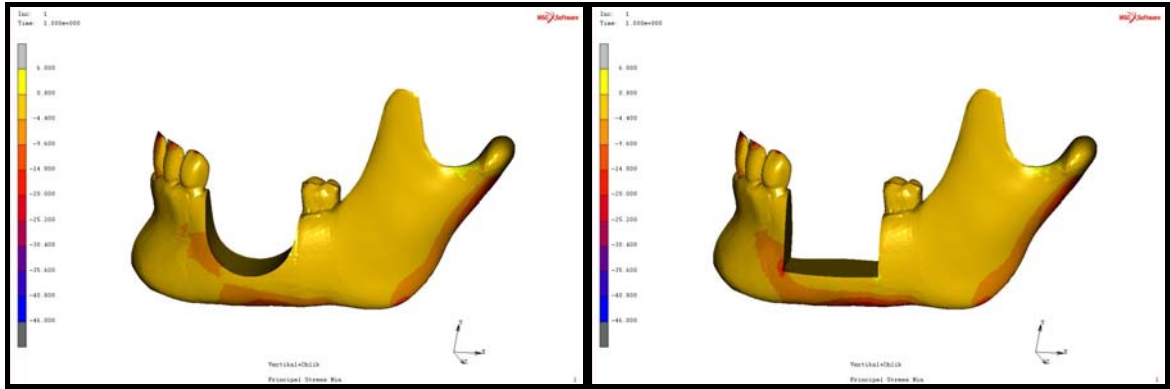


g

h

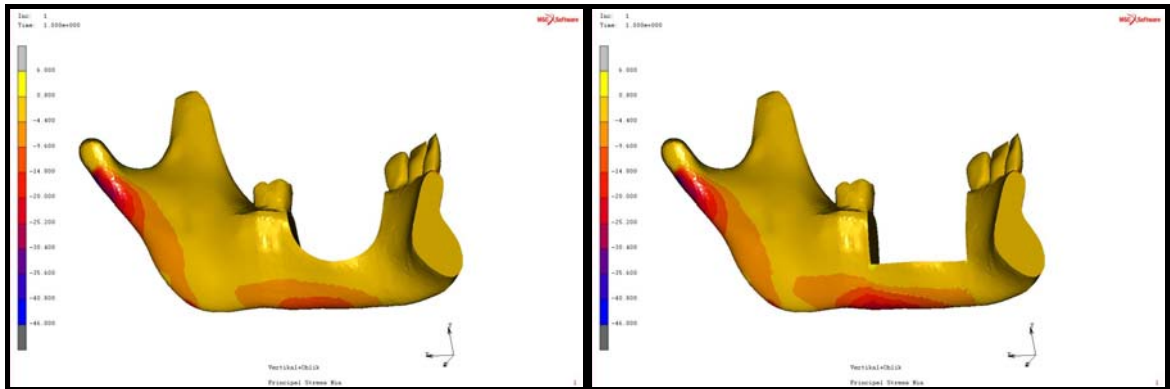
Şekil 4.58. Vertikal ve oblik kuvvette tüm modeldeki Principal Stres Max model görüntüleri

- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Max değeri model görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Max değeri model görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Max değeri model lingual görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Max değeri model lingual görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Max değeri model yakın plan görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Max değeri model yakın plan görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Max değeri model yakın plan açılı görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Stres Max değeri model yakın plan açılı görüntüsü



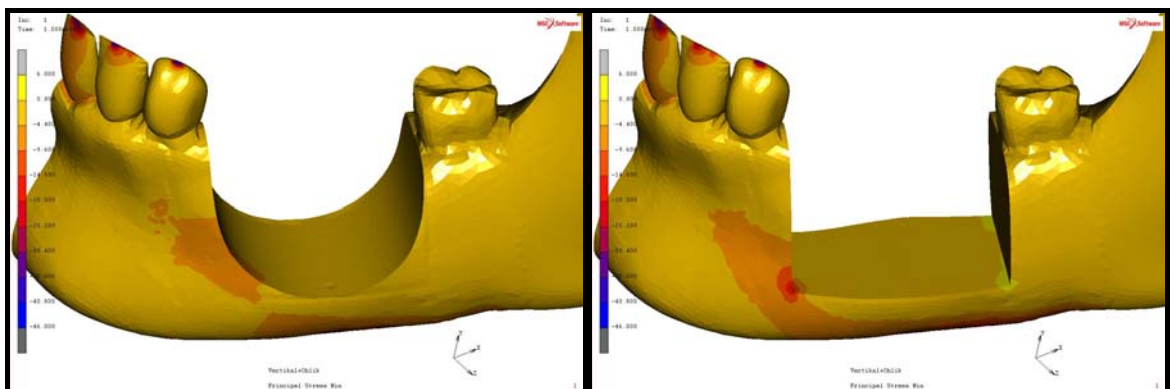
a

b



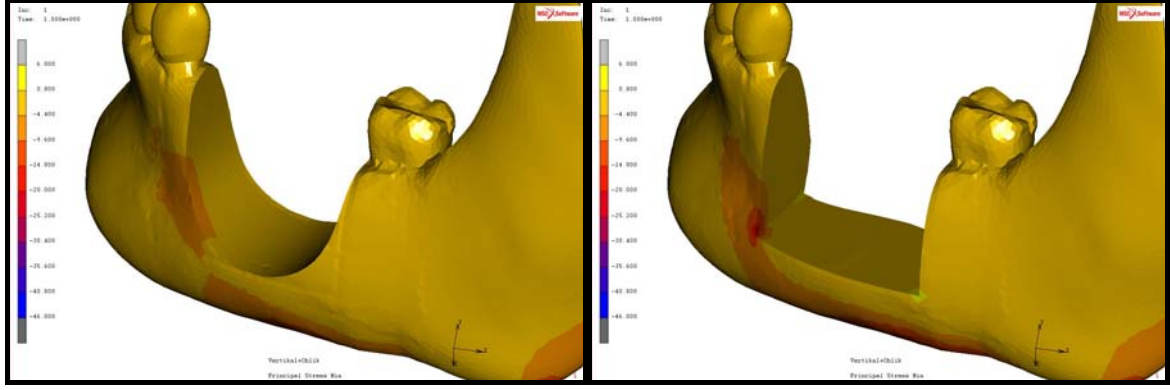
c

d



e

f

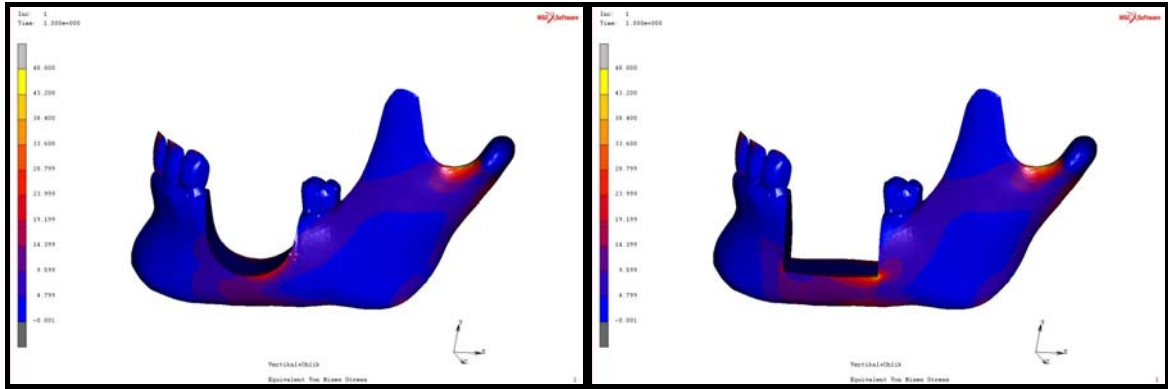


g

h

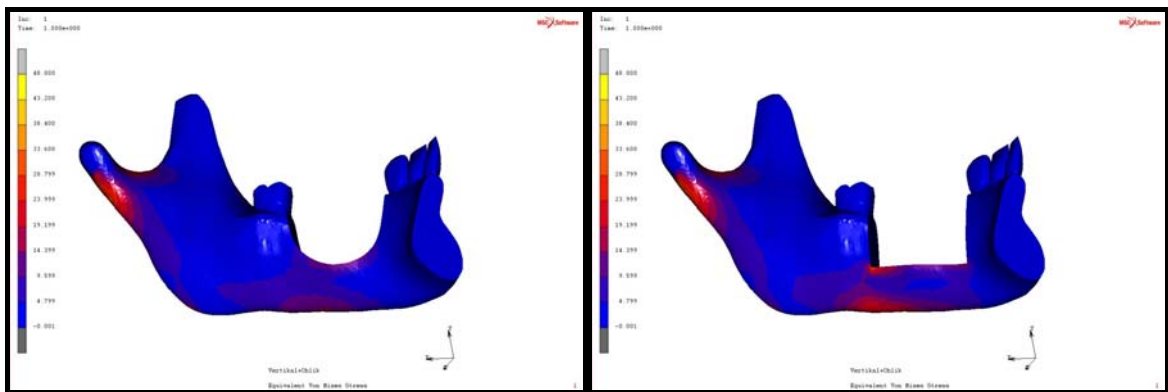
Şekil 4.59. Vertikal ve oblik kuvvette tüm modeldeki Principal Stress Min model görüntüleri

- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Stress Min değeri model görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Stress Min değeri model görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Stress Min değeri model lingual görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Stress Min değeri model lingual görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Stress Min değeri model yakın plan görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Stress Min değeri model yakın plan görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Stress Min değeri model yakın plan açılı görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Principal Stress Min değeri model yakın plan açılı görüntüsü



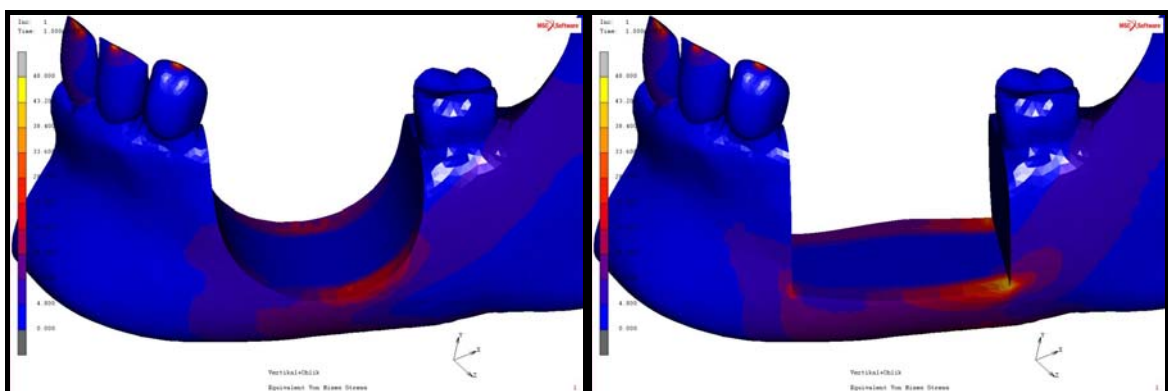
a

b



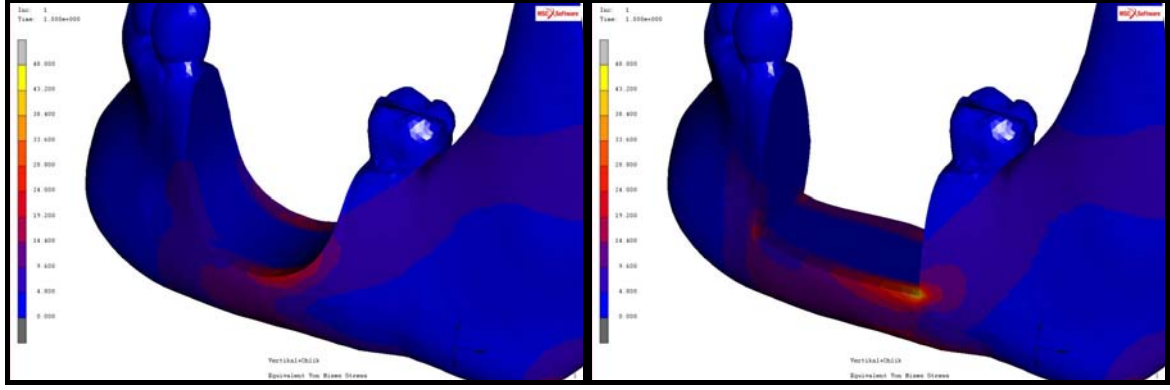
c

d



e

f



g

h

Şekil 4.60. Vertikal ve oblik kuvvette tüm modeldeki Von Misses Stres model görüntüleri

- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Von Misses Stres değeri model görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Von Misses Stres değeri model görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Von Misses Stres değeri model lingual görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Von Misses Stres değeri model lingual görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Von Misses Stres değeri model yakın plan görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Von Misses Stres değeri model yakın plan görüntüsü
- Eğimli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Von Misses Stres değeri model yakın plan açılı görüntüsü
- Köşeli hazırlanan modelin vertikal ve oblik kuvvet birlikte uygulandığında tüm modeldeki Von Misses Stres değeri model yakın plan açılı görüntüsü

Tablo 4.1. Stress ve strain değerler tablo

Model	Yükleme	Bölüm	Von Misses Stres (MPa)	Principal Stres Max (MPa)	Principal Stres Min (MPa)	Principal Strain Max (μ strain)	Principal Strain Min (μ strain)
Köşeli Model	Vertikal	Kortikal	47,60	52,19	-41,49	3161,00	-2485,00
		Spongioz	5,99	7,11	-1,69	3289,00	-1234,00
	Oblik	Kortikal	3,44	2,29	-3,70	133,80	-237,50
		Spongioz	0,31	0,32	-0,26	164,10	-123,20
	Vertikal+Oblik	Kortikal	47,60	52,30	-41,49	3278,00	-2485,00
		Spongioz	5,98	7,07	-1,63	3190,00	-1241,00
Eğimli Model	Vertikal	Kortikal	43,73	27,23	-45,96	1801,00	-2756,00
		Spongioz	4,20	4,03	-1,27	2221,00	-1111,00
	Oblik	Kortikal	1,45	1,05	-1,62	70,47	-102,40
		Spongioz	0,24	0,18	-0,19	112,70	-108,30
	Vertikal+Oblik	Kortikal	43,73	27,60	-45,96	1825,00	-2756,00
		Spongioz	4,23	4,06	-1,29	2234,00	-1123,00

5. TARTIŞMA

Mandibulaya uygulanacak tedavi seçeneği belirlenirken mutlaka tümöral yayılım ve tümörün biyolojik dokulardaki davranışı değerlendirilmelidir. Tümöral dokular genellikle eliptik olarak büyümekte ve ilerlemektedir. Eğimli yapılacak rezeksizyon köşeli rezeksiyona göre patolojinin formuna daha uygun olacak ve daha çok kemik korunmasını sağlayacak bir yöntemdir. Blok halinde köşeli olarak yapılan rezeksiyonda, patoloji ile birlikte hacim olarak gerekenden daha fazla kemik kaldırılması sebebiyle rezeksiyon, rezidüel mandibula segmentinin gücünü azaltacaktır (44).

Mandibular matematiksel model hazırlanması ile yapılan bu çalışmada bölgedeki stres dağılımı ve stres yoğunlaşma bölgelerinin gösterilmesi, sonlu eleman analiziyle objektif olarak ve net bir şekilde sağlanmıştır. Aynı zamanda şu anda da rutin olarak kullanılmakta olan, köşeli kenarlara sahip marjinal mandibulektomi ile eğimli hazırlanan marjinal mandibulektominin, kuvvet uygulandığında oluşan stres değerleri karşılaştırılması yapılabilmektedir.

Marjinal mandibulektomi uygulaması sonrasında, yeterli kemik desteği kalmayacak ise ve sonrasında atrofik mandibula kırığı oluşma ihtimali yüksek ise, segmental mandibulektomi düşünülmelidir. Ancak marjinal mandibulektomi uygulamaya karar verilmiş ise uygulanacak tekniği biyomekanik açıdan stres birikimini minimuma indirecek şekilde tasarlamak postoperatif komplikasyonları azaltabilir.

Klinikte uygulamalar esnasında hangi cerrahi yaklaşıma karar verileceği birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Öncelikle hangi tip bir patoloji ile karşı karşıya olunduğu teşhis edilmelidir. Klinik uygulamalarda marjinal

mandibulektominin boyutları, gelişen patolojilerin büyüklüğü ve tipine; agresif seyirli benign veya malign özellikler taşıyan bir neoplazm olmasına göre farklılık göstermektedir (84).

Mandibulaya uygulanacak cerrahi tedavi seçiminde, invazyonun miktarının ve şeklinin değerlendirilmesi önemli hususlardır (85). Marjinal mandibulektominin doğru uygulanabilmesi için, kemik etkileniminin hangi yollarla olduğunun bilinmesi ve tümör invazyonu olduğunda, mandibulada invazyonun seyrinin çok iyi anlaşılması gerekmektedir. Bu süreci ve bu sürecin kemiklerle ilişkisini tartışan birçok rapor yayınlanmıştır. Swearingen ve ark. (86) iki invazyon şekli (infiltratif, ekspansif) olduğunu ve bunların tümöral hücrelerin histolojik davranışı ile ilişkili olduğunu söylemiştir.

İnvazyon özelliklerini göz önünde bulundurursak, ekspansif yayılım gösteren patolojilerde marjinal mandibulektomi başarı ile uygulanabilir. İnfiltratif yayılım gösteren patolojilerde erken dönem dışında uygulanmamalıdır.

Slootweg ve Muller'e (32) göre mandibulaya invazyon tümörün karakteristiğine ve lokalizasyonuna göre değişmektedir. Berttelbort ve ark. (4) mandibulaya tümör invazyonu konusundaki teorilerinde, ağız tabanından mandibulaya invaze olan kanserlerde, kanser dokusunun başlangıçta mylohyoid kasın üst kısmından yukarı doğru ilerleyerek alveolü etkilediğini, ancak inferior lingual ve inferior kortikal kemiğin göreceli olarak daha geç etkilendiğini belirtmişlerdir. Bu sebeptendir ki marjinal mandibulektomi doğru endikasyonla uygulandığında, risk oluşturan patolojik dokuları uzaklaştırmak için en büyük potansiyel cerrahi şeklidir. Bu konuda son karar klinik durumun değerlendirilmesi, cerrahi esnasında tümörün mandibulaya yakınlığı ve etkileme miktarına göre verilmelidir. Dikkatli vaka seçimi mandibula devamlılığını sağlayarak uygun onkolojik sonuç sağlamaktadır.

Literatürde cerrahi yaklaşım seçiminde tam bir görüş birliği sağlanamamıştır. Bazı araştırmalarda, mandibulada alveole malign olduğu düşünülen bir patolojinin direk invazyonu bulunuyor ise, agresif bir cerrahi olan segmental rezeksiyon yapılması önerilmektedir. Ancak bazı araştırmalarda ise, mandibulada ilerlemiş bir invazyon bulunuyorsa segmental rezeksiyon uygulanmasını, orta ve minimal derecede invazyon bulunan vakalarda ise, marjinal rezeksiyonun uygulanması gerektiği yorumları bulunmaktadır.

Lam ve ark.'a göre (36) rezeksiyon uygulanacak durumlarda genel prensipler şunlardır. Panoromik radyografide minimal kemik invazyonu bulunuyorsa ve tümöral doku küçük boyutlarda ise marjinal mandibulektomi tercih edilmelidir. Eğer tümörün boyutları büyükse, ileri yaştaki dişsiz hastalarda alveol yüksekliği yetersiz ise veya yapılacak olan rezeksiyon sonrası rezidüel alveol yüksekliğinin azalması, postoperatif dönemde fonksiyonel çiğneme kuvvetleri ile sekonder komplikasyonlar oluşmasına sebep olabilecek ise, tam kalınlık rezeksiyon tercih edilerek mandibula ramus ve kondil korunarak segmental rezeksiyon uygulanmalıdır. Eğer invazyon, mandibula açığı bölgesini de içine alıyor ise, rezeksiyon ramus ve kondili de içine alarak hemimandibulektomi şeklinde yapılmalıdır.

Brown ve ark. (87) ağız kavitesinde skuamoz hücreli karsinoma görülen hastalarının incelemesinde, mandibular alveole doğrudan invazyon belirtisi yoksa periosteal soymayı (stripping) takiben marjinal mandibulektomi uygulanmasını; mikroskobik değerlendirmede, mandibulada alveole invazyon var ise tedavi seçeneği olarak segmental rezeksiyonu önermektedir. Büyük boyutlara ulaşmış ve derine invaze olmuş tümörlerin agresif seyir izlemeleri durumunda, segmental rezeksiyonun marjinal rezeksiyona göre daha güvenli bir onkolojik yaklaşım olduğunu belirtmişlerdir.

Shaha (88) alışmasında, eğer masif bir invazyon bulunuyorsa veya tümör mandibula iç korteksini tamamen sarıyorsa segmental mandibulektomi, eğer tümör mandibulaya yakın ise veya periosteuma yapışık ise marjinal mandibulektomi gerektiğini belirtmiştir.

Gilbert ve ark. (89) segmental mandibulektomiyi, mandibula ile klinik olarak yapışık tümörlerde veya radyografik olarak kemik tutulumu olduğu tesbit edilmiş ise önermektedir.

Randall, (90) marjinal mandibulektomiyi sadece kemik erozyonu bakımından radyografik bulgu yok ise ve mandibulanın %50'sinden daha azı tümör tarafından etkilendiği durumlarda önermektedir.

Shaha ve ark. (91) genelleme yaparak marjinal mandibulektomiyi, daha küçük boyuttaki ağız tabanı tümörlerinde, segmental mandibulektomiyi ise daha büyük tümörlerde uygulamayı önermektedir.

Lam ve ark. (36) alışmalarında çok ilerlemiş vakaların dışında tümör sınırlarından en fazla 5 mm ilerde tümör hücre invazyonu görüldüğünü bildirmişlerdir. Horizontal subkortikal yayılım ise pek sıklıkla görülmez ve oluşursa 1 cm ile sınırlı kalmaktadır. İnferior alveolar kanala invaze olan çok ilerlemiş vakalarda ise, direk invazyon noktasından 2 cm ileride tümöral invazyon görüldüğü belirtilmiştir. Operasyon öncesi tümör sınırları belirlenmeli, yapılacak olan doku rezeksiyonu patolojinin kenarları, her yöne doğru 1-2 cm kadar çevresini cerrahi sınırlar içine alacak şekilde yapılmalıdır. Mc Gregor ve Mac Donald (39) ilk giriş yerinde geniş bir yayılım görüldüğünü ve bu sebeple yüzeysel ve orta dereceli mandibular invazyonda, patolojinin etrafından 1 cm'lik kemik rezeksiyonunun uygun olduğunu belirtmişlerdir. Dental Hospital of Hokkaido University'de de, marjinal mandibulektomi vakalarında, vertikal ve

mesiodistal osteotomi sınırları 10 mm güvenli kenar oluşturacak şekilde yapıldığı rapor edilmiştir (36,92,93).

2003'te O'Brien (41,94) ağız kavitesi veya orofarinks kanseri bulunan, toplamda 127 rezeksiyonun değerlendirmesinde, segmental veya marjinal mandibulektomi uygulanan hastaları derlemiştir. Sonuç olarak, kemik invazyonu bulunan hastalarda lokal kontrol oranı bakımından, iki rezeksiyon seçeneği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmadığını belirtmiştir.

O'briena göre, oral kavitede veya orofarinkste karsinoma bulunan hastalarda, kemik invazyonunun lokal kontrol oranını veya prognozu kötü etkilemediğini, ancak cerrahi saha çevresinde, yumuşak dokuda tümöral hücreler açısından pozitiflik olmasının lokal rekürrens oranını arttığını ve survival oranının düşmesine sebep olduğunu belirtmiştir. Eğer marjinal mandibulektomi uygulaması düşünülen hastalarda, cerrahi saha çevresinde yumuşak doku kenarlarında tümöral hücreler açısından pozitiflik bulunmuyorsa, konservatif rezeksiyon güvenli bir prosedür olarak tavsiye edilmektedir. Literatürde birçok makalede lokal rekürrens oranının pozitif yumuşak doku kenarı ile ilişkili olduğu ve mandibular rezeksiyon metodu ile ilişkisi bulunmadığı belirtilmiştir (17,95,96,97).

Guerra ve ark. (98) 4 cm'den büyük rezeksiyon yapılan vakalarda, 4 cm'den küçük yapılanlara göre survival oranının daha düşük olduğunu, tümörün evresinin ve mandibulektominin boyutlarının önem taşıdığını belirtmiştir. Tümörün erken evreleri lokal rekürrens oranının düşmesi ile ilişkilidir. Ancak survival oranı açısından, cerrahi tedavinin marjinal mandibulektomi veya segmental mandibulektomi olmasının anlamlı bir fark oluşturmadığı belirtilmiştir.

2004 yılında Wolff ve ark. (99) retrospektif çalışmalarında, ağız boşluğunun alt kısımlarında görülen skuamoz hücreli karsinoma hastalarının değerlendirilmesinde, toplam survival oranı açısından, marjinal ve segmental rezeksiyon uygulanan hastalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını belirtmişlerdir.

Cerrahi olarak rezeksiyon uygulanacak hastalarda postoperatif dönemde hastaların karşılaşacağı problemler ve yaşam kalitesinin değerlendirildiği bazı çalışmalar yapılmıştır. Namaki ve ark. (100) glossektomi, marjinal mandibulektomi ve segmental mandibulektomi uygulanan hasta gruplarında, mastikator verimliliği değerlendirmişlerdir. Marjinal mandibulektomi grubunda çiğneme kabiliyeti, kendi kendine yemek yeme kabiliyeti ve yaşam kalitesi segmental rezeksiyon grubuna göre, cerrahi sonrası 12 aylık sürede daha yüksektir.

Petruzzelli ve ark (46) University of Washington Quality of Life departmanında tümör rezeksiyonları yapılan hastalardaki fonksiyonel sonuçları 12 ay sonunda değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak yaşam kalitesinin radyoterapiye bağlı olarak, postoperatif osteoradyonekroz ve geç dönem kırık gibi tehditler altında olmasına rağmen, mandibulanın devamlılığını koruyucu bir yaklaşım olan marjinal mandibulektominin, geride kalan periosteumun ve fasial arterin korunmasını sağlayacağını, böylelikle erken ve geç dönem komplikasyonların oluşmasını önlemede yardımcı olacağını belirtmişlerdir.

Pogrel (101) kortikal kemiğin malign tümör ile ilişkili olmasının, mandibulanın devamlılığının korunmasına engel olmadığını, aynı zamanda tümörün büyük olmasının da marjinal mandibulektomi için kontrendikasyon olmadığını ve marjinal mandibulektomi sonrası lokal rekürrens oranlarının primer tümörün büyüklüğünden bağımsız olduğu yorumlarını yapmıştır.

Mandibulada gelişen malign patolojiler sonrasında yayılımın, invazyonun ve malign hücrelerin davranışının bilinmesi sayesinde rezeksiyon kanser sınırlarına daha yakın planda yapılmaktadır ve konservatif cerrahi prosedürler tercih edilmektedir. Mandibulayı korumaya yönelik çabalar sonunda, marjinal rezeksiyonun başarılı bir şekilde uygulanabilmekte olduğu ve endikasyonun genişlediği belirtilmektedir.

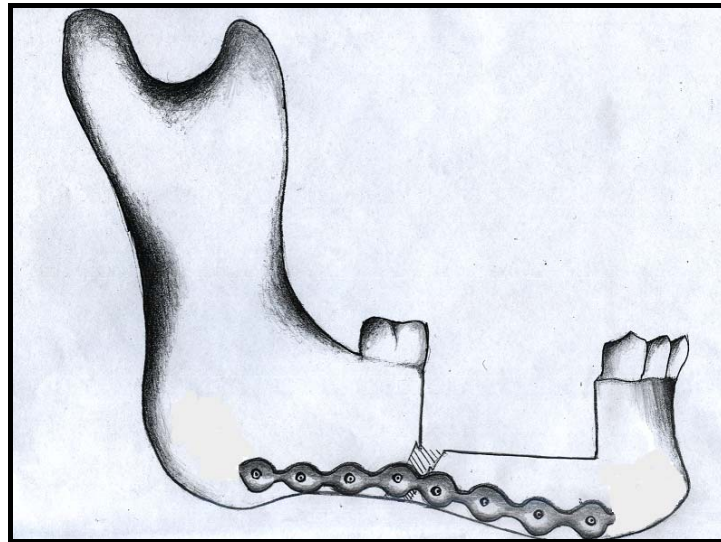
Yapılan literatür taramasında marjinal mandibulektomilerde, eğimli oluşturulan rezeksiyon ile köşeli şekilde oluşturulan rezeksiyonun karşılaştırılmasını sonlu eleman analizi yöntemiyle gösteren bir çalışmanın şu ana kadar yapılmadığı belirlenmiştir. Ancak marjinal mandibulektomi hastalarında, postoperatif dönemde rezeksiyon şekline bağlı olarak gelişen mandibula kırığı ile ilgili bazı makaleler bulunmaktadır. Patolojik kırık oluşmasının, yapılan rezeksiyonun köşeli şekilde hazırlanması sebebiyle olduğu konusunda görüşler bulunmaktadır. Rezidüel kalan kemik miktarının en az 1 cm kalınlıkta ve yükseklikte olmasının kırık insidansını azaltacağı düşünülmektedir (44). Aynı zamanda eksizyon köşelerini turlamanın, kırık oluşma ihtimaline karşı mandibulanın rezistansını artıracak olduğu düşünülmektedir.

Tei ve ark (8) 45 marjinal rezeksiyon hastasının dördünde mandibula kırığı tesbit edildiğini ve bu vakaların ikisinin cerrahi esnasında, diğer ikisinin ise postoperatif dönemde rezidüel mandibula yüksekliğinin 10 mm'nin altında olmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Clark ve ark. (102) kadavradan elde edilen femur üzerinde üç farklı biyopsi deliği oluşturmuşlardır. Femur üzerinde hazırlanan bu delikler dikdörtgen şekilde, köşeleri yuvarlatılmış dikdörtgen şeklinde ve kenarları tamamen yuvarlak olarak hazırlanmıştır. Uygulanan kuvvet altında kırık oluşmasına en yüksek direnci, yuvarlatılmış kenarlı olan biyopsi şekli göstermiştir. Köşeleri

yuvarlatılmış dikdörtgen şeklinde hazırlanan delik, köşeleri olan dikdörtgen şeklinde hazırlanana göre daha iyi direnç göstermiştir. Ancak bu iki örnek arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Sonuçta, köşeli hazırlanan biyopsi deliğinin, ciddi şekilde stres birikimini artıran bir faktör olduğunu ve stresin bir noktada yoğunlaşmasının başarısızlığın sebeplerinden biri olabileceği belirtilmiştir. Biyopsi alınması gerekiyor ise mutlaka oluşturulacak delik şeklinin yuvarlak olarak hazırlanmasını, böylelikle rezidüel segmentin direncinin artırılacağını vurgulamışlardır.

Günümüzde marjinal mandibulektomi uygulaması sonrasında postoperatif atrofik mandibula kırığı gelişmesini önlemek için, rezidüel kemiğin zayıfladığı ve kırılabilirliğinin arttığı tam dişsiz atrofik mandibulası bulunan hastalarda veya tümöral doku sebebiyle fazla miktarda rezeksiyon yapılması sebebiyle rezidüel segmentin zayıfladığı diğer hastalarda, olası kırığın önlenmesi için titanyum plaklarla internal fiksasyonun ilk cerrahi esnasında yapılması da önerilmektedir (103,104). Postoperatif dönemde gelişecek atrofik mandibula kırığı tedavisi, ekstraoral yaklaşım gerektirecek morbiditesi yüksek bir işlemdir.



Şekil 5.1. Mandibulada köşeli hazırlanan rezeksiyon sonrası oluşan kırığın rekonstrüksiyon plağı ile redükte edilmesi

Dişsiz mandibulada marjinal mandibulektomi yapıldığında mandibular kanalın üstüne kadar rezeksiyon yapılabilir. Bu sebeple mandibulanın alt kenarında kalan alveol yüksekliği 10 mm'nin altında kalabilir. Böyle durumlarda, mandibulanın kırılmasını önlemek için titanyum plaklar ile internal fiksasyonun yetersiz olacağı düşünülüyor ise mastikasyon ile bir fraktür gelişebileceği göz önüne alınarak, cerrahi olarak segmental mandibulektomi erken mandibular rekonstrüksiyon ile tercih edilmelidir.

Barttelbort ve ark. (4) mandibulektominin köşeli olarak hazırlanması sebebiyle gelişen % 15 kırık insidansı bildirmiştir. Yapılacak olan osteotominin mekanik olarak stres konsantrasyonunu mesial ve distalde en aza indirecek formda, köşeli kenar içermeyecek şekilde ve eğimli hazırlanmasını önermiştir. Böylece atrofik mandibula kırığı gelişmesine önlem alındığı iddia edilmiştir.

Rezeksiyon yapılan bölge, aynı zamanda radyoterapi uygulanmış bir alan olabilir. Bu durumda, kan akımının azalmasına bağlı olarak, keskin kenarların beklenmedik periosteal açılmalara ve iyileşme gecikmesi gibi komplikasyonlara neden olabileceği göz önüne alınmalıdır.

Marjinal mandibulektomi uygulamaya karar verilmiş ise uygulanacak tekniği biyomekanik açıdan stres birikimini minimuma indirecek şekilde tasarlamak postoperatif komplikasyonları azaltmak için gerekmektedir.

Sonlu elemanlar analizi, karmaşık geometriye sahip yapılarda meydana gelen gerilme stresi, sıkışma stresi ve yer değiştirmelerin hassas bir şekilde incelenmesine olanak sağlayan matematiksel bir yöntemdir. Yöntem, analizi yapılacak yapıların, asıllarına en yakın şekilde modellenmesi ve yapıların

fiziksel özelliklerinin oluşturulan modellere yansıtılması ile oluşan stres değerlerinin gerçeğe en yakın şekilde hesaplanmasına olanak sağlamaktadır.

Canlı doku ve organlarda gerilim analizi yapmak oldukça zor bir işlemdir. Bu nedenle çalışmada gerilim analizi, canlı malzeme özelliklerinin yansıtıldığı cansız bir model üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sonlu elemanlar metodu gerilim dağılımlarının ve deplasmanların duyarlı olarak elde edilebilmesi, deneysel modelin kontrolü ve sınır koşullarının değiştirilebilmesi, malzemenin mekanik ve fiziksel özelliklerinin çok iyi yansıtılabilmesi gibi avantajları sebebiyle tercih edilmiştir.

Analiz sonuçlarının gerçeği yansıtabilmesi ve bilimsel olabilmesi için, modelin gerçek organ, doku ve restoratif malzemeye mümkün olduğunca benzemesi ve fonksiyonel uygulamanın da gerçekte etkili olan kuvvetleri şiddet, yön ve tip olarak taklit etmesi gerekmektedir (105).

Sonlu elemanlar analizinde modelleme iki veya üç boyutlu olarak hazırlanabilir. İki boyutlu modellerde, düzlem dışı gerilim ve gerilmeler göz ardı edilmektedir. Üç boyutlu materyal verilerini, iki boyuta indirgeyerek çözmek elde edilen gerilim dağılımlarını iyi yansıtamayacaktır ve klinik durumun yeteri kadar simüle edilememesine sebep olacaktır (105,106). Bu sebeple, üç boyutlu modelleme kullanılması önerilmektedir.

Matematiksel modellerin düğüm ve eleman sayılarının çok olması, modelin doğruluk derecesinin ve hassasiyetinin yüksek olduğunu göstermektedir. Çalışmamızda, köşeli modelde 141411 ve eğimli modelde 145675 eleman kullanılmıştır. Daha önceki çalışmalarla kıyaslandığında yüksek sayıda eleman kullanıldığı görülmektedir. Bu sayede modellerin hassasiyeti ve çalışmanın güvenilirliği artırılmıştır (107,108,109).

Sonlu eleman analizlerinde materyal özellikleri izotropik, transvers izotropik, ortotropik ve anizotropik olarak modellenebilir. İzotropik modellerde özellikler tüm yönlerde aynıdır. Bu nedenle sadece iki bağımsız materyal sabiti (young's modülü ve poisson oranı) mevcuttur. Anizotropik materyaller ise değişik yönlerde ölçüldüğünde farklı özellikler gösterirler. Sonlu elemanlar analizi çalışmalarında anizotropik modellerin kullanılması önerilmektedir ancak literatürdeki çalışmaların çoğunda materyallerin homojen, lineer ve izotropik olduğu kabul edilmiştir.

Çalışmamızda sonlu eleman modeli oluştururken bazı basitleştirmeler yapılarak elemanların homojen ve izotropik olduğu kabul edilmiştir. Ancak doğada hiçbir materyal tamamen homojen değildir. Bu basitleştirmeler bazı sınırlamalar getirmektedir, ancak değerlendirmeler nicel değil nitel olarak yapılmalıdır. Elde edilen sonuçlar, gerçek değerlere yakın olarak kabul edilmelidir.

Mandibulada kortikal kemik kalınlığı tanımlanırken, Deguchi ve ark. (82)'nin yaptığı çalışmadaki bilgisayarlı tomografi ile elde edilen kortikal kemik kalınlığı değerleri esas alınarak belirlenmiştir. Mandibulada osteotomi yapılacak alanda kortikal kemik kalınlıkları, kret tepesinde 2 mm, osteotominin alt kenarında 2.5 mm ve mandibula alt kenarında 5 mm olacak şekilde hazırlanmıştır. Daha önce yapılmış çalışmalarda da bu değerlere yakın kortikal kemik değerleri belirlenmiştir (109,110,111).

Sonlu elemanlar analizinde, sınır koşullar oluşturulurken materyale uygulanan kuvvetin büyüklüğü, tipi, uygulama zamanı belirlenir. Küçük miktarlarda ve tek yönlü kuvvet uygulandığında statik bir analiz tercih edilmelidir. Dinamik analiz ise daha kompleks ve aşırı miktarlarda kuvvet uygulandığında kullanılır (83).

Literatürde, çiğneme kuvvetlerinin büyüklüğü çok farklı değerlerde rapor edilmiştir. Rues ve ark. (112) çiğneme kuvvetleri ve motor kontrol mekanizmaları ile ilgili yaptığı çalışmasında, çiğneme kasları ile mandibulada oluşan oklüzal kuvvetlerin 50 N-400 N büyüklüğünde olduğunu belirtmişlerdir. Santral bölgede vertikal olarak oluşan kuvvetin 150 N olarak ölçüldüğünü belirtmişlerdir. Çalışmamızda bu verilere paralel olarak 150 N vertikal kuvvet, 250 N oblik kuvvet uygulanmıştır.

Uygulanan kuvvetlerin yönü Koolstra 'nın (113) insan çiğneme sisteminin dinamiklerini incelediği çalışmasında belirttiği gibi, keser dişlere insizal bölgede, çenenin açılmasına yardımcı olan kasların bileşke kuvvetini simule edecek şekilde vertikal yönde kuvvet uygulanmıştır. Molar kuvvet olarak ise, mandibula açılı bölgesinde çenenin kapanmasını sağlayan kasların bileşke kuvveti yönünde, oblik kuvvet uygulanmıştır.

Gerilim analizlerinin sonuçlarının değerlendirilmesinde, hangi tip değerlerin kullanılacağı hususunda kesin bir görüş bulunmamaktadır. Kullanılan materyalin özellikleri modellerde oluşan streslerin yorumlanmasında önem taşımaktadır. Kemik gibi kırılabilir materyallerin değerlendirilmesinde asal gerilim değerleri (oluşan çekme ve sıkışma gerilmesi) önemlidir. Streslerin sıkışma veya çekme tarzında olup olmadığı ve hangisinin daha etkin olduğu hakkındaki bilgiler principal stres değerleri ile anlaşılır. Bu stresin pozitif değerleri çekme tipi kuvvetleri, negatif değerleri ise sıkışma tipi kuvvetleri ifade eder. Mutlak değeri daha büyük olan stres değeri ise, hangi tip kuvvetin daha etkin olduğunu gösterir. Von Misses Stres (eşdeğer, equivalent) değerleri ise titanyum, çelik gibi ezilebilir materyallerin içerisindeki gerilmeleri göstermek için kullanılır. Von Misses Stres değerleri oluşan streslerin dağılımı ve yoğunluğu hakkında fikir verirken, tipi hakkında fikir vermez. Bileşke bir stres değeri olarak kabul edilmektedir (114). Bu çalışmada Von Misses Stres bulguları, diğer elde edilen

çekme tipi gerilim ve gerinim bulgularıyla uyumlu olmuştur. Çalışmamızda Von Misses Stres değerlerine sadece genel değerlendirme yapmak için yer verildi. Ancak kemik gibi kırılabilir yapılardaki sonuçların yorumlanmasında, çok güvenilir bir değerlendirme parametresi değildir.

Çalışmada, uyguladığımız kuvvetler altında oluşan değerler incelendiğinde hem vertikal, hem de oblik yükleme koşullarında çekme tipi gerilim ve gerinim değerlerinin (principal stres max, principal strain max), kortikal kemik ve spongiöz kemik için köşeli hazırlanan modelde, eğimli hazırlanan modele göre çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak sıkışma tipi gerilim ve gerinim değerlerinin köşeli ve eğimli modellerde anlamlı bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir. Bu sonuç, sıkışma gerilim ve gerinim değerlerinin (principal stres min, principal strain min), osteotomi yapılan bölgede değil, modellerin farklı bölgelerinde oluşmasından kaynaklanmaktadır. Modeller osteotomi şekillerinin farklılığı dışında, tamamen aynı özelliklerde oluşturulmuştur. Bu sebeple uygulanan kuvvetler altında oluşan sıkışma gerilim ve gerinim değerleri, iki model arasında anlamlı farklılık oluşturmamaktadır. Bu sıkışma gerilim ve gerinim değerleri, osteotomi yapılan ve incelediğimiz bölgenin dışında olmuştur. Örneğin modellerin kondil bölgesinde sabitlenmesi sebebiyle, en yüksek sıkışma gerilme ve gerinim değeri kondil boynunda yoğunlaşmaktadır. Kondil boynu iki model arasında herhangi bir farklılık göstermediği için değerler birbirine yakın çıkmaktadır. Bu sebeple bu değerler çok dikkate alınmamalıdır.

Modellerde tüm osteotomi bölgesinde oluşan streslerin değerlendirilebilmesi için, anterior posterior doğrultulu üç ayrı noktasal düzlem oluşturulmuştur. Bu düzlemlerden birincisi bukkal kortikal kemik üzerindedir (Bkz. Şekil 4.1.). İkinci düzlem spongiöz kemik üzerinde seyredecek şekilde bukkolingual yönde alveolün ortasında (Bkz. Şekil 4.4.), üçüncü düzlem ise lingual kortikal kemik üzerinde belirlenmiştir (Bkz. Şekil 4.7.). Çiğneme kaslarının etkisini modele yansıtabilmek için uygulanan kuvvetler sonucunda, osteotomi bölgesinde

tanımlanan düzlemler üzerinde oluşan gerilim ve gerinim değerleri ölçülmüştür. Belirlenen noktalardaki çekme tipi gerilim ve gerinim değerleri incelendiğinde, elde edilen grafiklerde, köşeli modelde maksimum çekme tipi gerilim ve gerinim değerlerinin (principal stres max, principal strain max), vertikal ve horizontal osteotominin posterior kesişme noktasında pik yaptığı görülmektedir. Eğimli modelin çok daha küçük çekme tipi gerilim ve gerinim değerleri taşıdığı ve bu değerlerin geniş bir alanda dağılım gösterdiği görülmektedir. Aynı şekilde ikinci düzlemde ve üçüncü düzlemde de benzer grafikler elde edilmiştir.

Bu değerler incelendiğinde mandibulada köşeli model osteotomi bölgesinde, özellikle 2. ve 3. düzlemlerde (spongioz ve iç kortikal düzlemlerde) posteriorda ciddi bir gerilim ve gerinim olmasının yanında, osteotominin anteriordaki köşe bölgesinde de posteriordaki kadar yüksek olmasa da belirgin bir artış gözlenmiştir. Köşeli modelde osteotominin anterior köşesinde çekme tipi gerilim ve gerinim değerleri, özellikle spongioz ve iç kortikal kemikte yoğunlaşmıştır. Bu bulgunun, literatürdeki anterior köşede oluşan kırıkları açıklayabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışma sonucunda, özellikle köşeli osteotomi ile yapılan marjinal mandibulektomi sonrasında uyguladığımız kuvvetlerle posterior köşede belirgin bir stres yoğunlaşması izlenirken, anterior köşede spongioz ve lingual kortikal kemikte daha fazla olmak üzere bir yoğunlaşma bulunmuştur. Ancak bu yoğunlaşma üzerine hangi kuvvetlerin kırığa yol açacağı bu çalışmada belirlenmemiştir. Bu sebeple cerrahi herhangi bir nedenle köşeli osteotomi yapılması durumunda, reziduel mandibulaya destekleyici rekonstrüksiyon plağı yerleştirilmesi gerekebilir.

Ayrıca, modeller kendi aralarında değerlendirildiğinde, bukkolingual olarak belirlenen düzlemlerdeki gerilim değerleri incelendiğinde, en yüksek gerilim

değeri (Principal Stres Max), bukkal kortikal kemik üzerinde oluşurken, daha sonra iç kortikal kemik üzerinde ve en az gerilim değeri spongios kemik üzerinde oluşmuştur. Bu bulguya dayanarak modellere kuvvet uygulandığında, kırık oluşmasına sebep olabilecek en yüksek gerilim değerleri, her iki osteotomi içinde bukkal kortikal kemik üzerinde oluştuğu söylenebilir.

Stres ve strain değerler tablosu (Bkz. Tablo 4.1.) incelenecek olursa, vertikal ve oblik yükleme altında, hem kortikal kemik için hem de spongios kemik için, köşeli modeldeki maksimum çekme tipi gerilim (principal stres max) ve maksimum çekme tipi gerinim (principal strain max) değerlerinin, eğimli modeldeki değerlerin neredeyse iki katına yakın değerler aldığı görülecektir. Bu sebeple, eğimli modele göre köşeli hazırlanan modelde, osteotomi sonrasında atrofik mandibula kırığı gelişmesi ihtimalinin artacağı rahatlıkla söylenebilir.

Çalışma sonuçlarının değerlendirmelerine göre marjinal rezeksiyon planlamasında, osteotominin köşeler içermeyen, eğimli formda oluşturulmasıyla postoperatif dönemde çok sıkıntılı bir komplikasyon olan mandibula kırığı oluşması riski azaltılmış olacaktır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Eksizyon şekline bakılmaksızın hem vertikal hem de oblik kuvvet uygulandığında osteotomi üzerinde oluşan en büyük çekme tipi gerilim ve gerinim stresi, osteotominin arka alt kısımda yoğunlaşmıştır. Köşeli olarak hazırlanan osteotomi modelinde posteroinferior köşede, daha küçük bir alanda ve daha yüksek miktarlarda stres birikimi olduğu gösterilmiştir.

Eğimli olarak hazırlanan modelde ise eksizyonun en alt noktasına eşit uzaklıkta ve posterior alveoler kretle rezeksiyonun tabanı arasında osteotominin arka alt kısmında, daha geniş bir yayılım göstermiştir ve büyüklük olarak daha düşük miktarda çekme tipi gerilim ve gerinim stresi elde edilmiştir. Çalışmada eğimli olarak hazırlanan eksizyon modelinin, köşeli olarak hazırlanan eksizyon modeline göre fonksiyonel kuvvetler altında, postoperatif atrofik mandibula kırığı oluşma ihtimalini azaltacağı düşünülmektedir.

Çalışma sonuçlarının, marjinal mandibulektomide kullanılan eğimli ve köşeli osteotominin karşılaştırmasının yanında, klinikte uygulanan diğer cerrahi prosedürler için yeni bir bakış açısı getireceği düşünülmektedir. Cerrahi girişimlerde eğimli olarak tercih edilecek sert doku müdahaleleri, rezidüel segmentin direncini artıracaktır. Yapılacak girişimlerin köşeler bulundurmayacak şekilde hazırlanmasının, postoperatif dönemde çene kırığı gelişmesi gibi istenmeyecek komplikasyonların önlenmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir. Kemiğe girişimsel olarak yapılan müdahalelerin, maruz kalınan yüklere biyomekanik açıdan daha çok direnç gösterecek modifikasyonlarının geliştirilebilmesi için yeni çalışmalar yapılması gerekmektedir.

7. KAYNAKLAR

- 1) Mark K. Wax. Preservation of the Mandible in the Management of Cancer of the Oral Cavity. Operative Techniques in Otolaryngology. 2005; 16:18-23
- 2) Crile Gw. Carcinoma of the Jaws, Tongue, Cheek and Lips. Surg Gyn Obs. 1923; 36:159-62.
- 3) Moore Sr, Johnson Nw, Pierce Am, Wilson Df. The Epidemiology of Mouth Cancer: A Review of Global Incidence. Oral Dis. 2000; 6:65–74.
- 4) Barttelbort Sw, Bahn Sl, Ariyan S. Rim Mandibulectomy for Cancer of the Oral Cavity. Am J Surg 1987; 154:423.
- 5) Shah J. P., Gil Z. Current Concepts in Management of Oral Cancer. Oral Oncology 2008.
- 6) Van Den Brekel Mw, Castelijns Ja, Stel Hv, Golding Rp, Meyer Cj, Snow Gb. Modern Imaging Techniques and Ultrasound-Guided Aspiration Cytology for the Assessment of Neck Node Metastases: A Prospective Comparative Study. Eur Arch Otorhinolaryngol. 1993; 250: 11–7.
- 7) Sanjeev Misra, Arun Chaturvedi, Nc Misra. Management of Gingivobuccal Complex Cancer Review. Ann R Coll Surg Engl 2008; 90: 546–553
- 8) Kanchu Tei, Yasunori Totsuka, Tadashi Iizuka and Keiichi Ohmori. Marginal Resection for Carcinoma of the Mandibular Alveolus and Gingiva: Where radiologically Detected Bone Defects Do Not Extend Beyond The Mandibular Canal. J Oral Maxillofac Surg. 2004; 62:834-839.
- 9) Werning Jw, Byers Rm, Novas Ma, Roberts D. Preoperative Assessment for and Outcomes of Mandibular Conservation Surgery. Head Neck 2001;23:1024–30
- 10) Shaha Ar. Preoperative Evaluation of the Mandible in patients with Carcinoma of the Floor of the Mouth. Head neck 1991; 13:398–402.
- 11) Bolzoni A, Cappiello J, Piazza C, Peretti G, Maroldi R, Farinad, Nicolai P. Diagnostic Accuracy of Magnetic Resonance Imaging in the Assessment of Mandibular Involvement in Oral-Oropharyngeal Squamous Cell Carcinoma: A Prospective Study. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 2004; 130: 837–43.
- 12) Politi M, Costa F, Robiony M, Rinaldo A, Ferlito A. Review of Segmental and Marginal Resection of the Mandible in Patients with Oral Cancer. Acta Otolaryngol 2000; 120: 569–79.

- 13) Tei K, Totsuka Y, Iizuka T, Ohmori K. Marginal Resection For Carcinoma of the Mandibular Alveolus and Gingiva Where Radiologically Detected Bone Defects Do Not Extend Beyond the Mandibular Canal. *J Oral Maxillofac Surg*. 2004; 62: 834–9.
- 14) Misra S, Chaturvedi A, Misra Nc. Oral Carcinoma. Recent Advances In Surgery, Volume 25. London: Royal Society Of Medicine Press, 2002; 71–86.
- 15) Sanjeev M., Arun C., Misra Nc. Management of Gingivobuccal Complex Cancer Review. *Ann R Coll Surg Engl* 2008; 90: 546–553
- 16) Dubner S, Heller Ks: Local Control of Squamous Cell Carcinoma Following Marginal and Segmental Mandibulectomy. *Head Neck Surg* 1993; 15:29-32,
- 17) Eric M. Genden A, Alessandra Rinaldo B, Adam Jacobson A, Ashok R. Shaha C, Carlos Sua´Rez D, John Lowry E, Andrew C. Urquhart F, Jochen A. Werner G, Patrick J. Gullane H, Alfio. Management of Mandibular Invasion: When is a Marginal Mandibulectomy Appropriate? *Oral Oncology* 2005; 41, 776-782
- 18) Shah Jp, Patel Sg. Head and Neck Surgery and Oncology. 3rd Ed. London, New York: Mosby, Edinburgh; 2003.
- 19) Guler N., Uckan S., Celik I., Oznurlu Y., Uckan D. Expression of Fas and Fas-Ligand and Analysis of Argyrophilic Nucleolar Organizer Regions In Squamous Cell Carcinoma: Relationships With Tumor Stage and Grade, and Apoptosis. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 2005; 8,900-906
- 20) Shah Jp. Patterns of Cervical Lymph Node Metastasis From Squamous Carcinomas of the Upper Aerodigestive Tract. *Am J Surg* 1990; 160(4):405–9.
- 21) Spiro Rh, Huvos Ag, Wong Gy, Spiro Jd, Gnecco Ca, Strong Ew. Predictive Value of Tumor Thickness in Squamous Carcinoma Confined to the Tongue and Floor of the Mouth. *Am J Surg* 1986; 152(4):345–50.
- 22) Piccirillo Jf. Inclusion of Comorbidity In a Staging System for Head and Neck Cancer. *Oncology (Williston Park)* 1995;9(9):831–6., Discussion 841, 845-8.
- 23) Wax Mk, Bascom Da, Myers Ll: Marginal Mandibulectomy vs Segmental Mandibulectomy: Indications and Controversies. *Arch Otolaryngol* 2002; 128:600-603.
- 24) Marchetta Fc, Sako K, Murphy Jb. The Periosteum of the Mandible and Intraoral Carcinoma. *Am J Surg* 1971; 122:711-713,
- 25) Carter Ri, Tsao S, Burman Jf, Et Al: Patterns and Mechanisms of Bone Invasion by Squamous Carcinomas of the Head and Neck. *Am J Surg*. 1983; 146:451-455,

- 26) McGregor Ad, Macdonald Dg. Routes of Entry of Squamous Cell Carcinoma to the Mandible. *Head Neck Surg.* 1988; 10(5):294–301
- 27) Petruzzelli G.J. Decision Making For Segmental And Marginal Mandibulectomy. S 15.2 Symposium 15, Current And Future Perspectives Of Treatment Stratenes on Oral Tumors. *Oral Oncology Supplement* 2005; 1: 1, 61.
- 28) Parkin Dm, Pisani P, Ferlay J. Estimates of the Worldwide Incidence of 25 Major Cancers In 1990. *Int J Cancer* 1999; 80: 827–41.
- 29) Totsuka Y, Amemiya A, Et Al: Histopathologic Study of Bone Invasion by Dmba-Induced Carcinoma of the Mouth in the Hamster. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1986; 62:683,
- 30) Totsuka Y, Usui Y, Tei K: Mandibular Involvement by Squamous Cell Carcinoma of the Lower Alveolus: Analysis and Comparative Study of Histopathologic and Radiologic Features. *Head Neck* 1991; 13:40-50,
- 31) Totsuka Y, Usui Y, Tei K: Results of Surgical Treatment for Squamous Carcinoma of the Lower Alveolus: Segmental vs Marginal Resection. *Head Neck* 1991; 13:114,
- 32) Slootweg Pj, Muller H. Mandibular Invasion by Oral Squamous Cell Carcinoma. *J Craniomaxillofac Surg.* 1989; 17: 69–74.
- 33) Muller H, Slootweg Pj. Mandibular Invasion by Oral Squamous Cell Carcinoma. Clinical Aspects. *J Craniomaxillofac Surg* 1990; 18:80–4.
- 34) Brown Js, Browne Rm. Factors Influencing the Patterns of Invasion of the Mandible by Oral Squamous Cell Carcinoma. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1995; 24:417–26.
- 35) Wong Rj, Keel Sb, Glynn Rj, Varvares Ma. Histological Pattern of Mandibular Invasion by Oral Squamous Cell Carcinoma. *Laryngoscope* 2000; 110:65–72.
- 36) Lam Kh, Lam Lk, Ho Cm, Wei Wi. Mandibular Invasion in Carcinoma of the Lower Alveolus. *Am J Otolaryngol* 1999; 20:267–72.
- 37) Brown Js, Lowe D, Kalavrezos N, D'souza J, Magennis P, Woolgar J. Patterns of Invasion and Routes of Tumor Entry into the Mandible by Oral Squamous Cell Carcinoma. *Head Neck* 2002; 24:370–83.
- 38) Brown J. Mechanisms of Cancer Invasion of the Mandible. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2003; 11:96–102.

- 39) McGregor Ia, Macdonald Dg: Spread of Squamous Cell Carcinoma to the Nonirradiated Edentulous Mandible- A Preliminary Report. Head Neck Surg 1987; 9:157-161,
- 40) Lukinmaa PI, Hietanen J, Soderholm AI, Et Al: The Histologic Pattern of Bone Invasion by Squamous Cell Carcinoma of the Mandibular Region. Br J Oral Maxillofac Surg 1992; 30, 7.
- 41) O'brien Cj, Carter RI, Soo Kc, Et Al: Invasion of the Mandible by Squamous Carcinomas of the Oral Cavity and Oropharynx. Head Neck Surg 1986; 8:247-256,
- 42) O'brien Cj, Lee Kk, Castle G, Stevens G. A Comprehensive Treatment Strategy for Squamous Carcinoma of the Oral Cavity and Oropharynx. Am J Surg 1992; 164: 582–586.
- 43) McGregor Ia, Mc Donald Dg. Mandibular Osteotomy in the Surgical Approach to the Oral Cavity. Head Neck 1983; 5: 457–462.
- 44) Michael B. Melugin, Ordean J. Oyen, and A. Thomas Indresano. The Effect of Rim Mandibulectomy Configuration and Residual Segment Size on Postoperative Fracture Risk: An In Vitro Study. J Oral Maxillofac Surg 2001; 59:409-413.
- 45) Byers Rm, Anderson B, Schwartz Ea, Et Al. Treatment of Squamous Cell Carcinoma of the Retromolar Trigone. Am J Clin Oncol 1984; 7:647-52.
- 46) Guy J Petruzelli, Fanchon Knight, Darl Vandevender, Joseph I. Clark. Posterior Marjinal Mandibulectomy in the Management of Cancer of the Oral Cavity and Oropharynx. Otolaryngology - Head and Neck Surgery. December 2003 S 713-719
- 47) Collins SI, Saunders Vw. Excision of Selected Intraoral Cancers by the Use of Sagittal Inner Table Mandibulectomy. Otolaryngol–Head Neck Surg 1987; 97: 558-66.
- 48) Şenel Ş. M. (1996) Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Üç Boyutlu Yapı Analizi Yapan Bir Bilgisayar Programı. Doktora Tezi, Pamukkale Üni. Fen Bilimleri Fakültesi
- 49) Geng J, Tan Kbc, Liu G. Application of Finite Element Analysis in Implant Dentistry: A Review of the Literature. J Prosthet Dent. 2001; 85:585-98
- 50) Holmgren E.P., Seckinger R.J., Kilgren L.M., Mante F. Evaluating Parameters of Oseointegrated Dental Implants Using Finite Element Analysis - A Two Dimensional Comparative Study Examining the Effects of Implant Diameter, Implant Shape and Load Direction. J Oral Implantology 1998; 24: 80-87.

- 51) Mackie R.I. Object-Oriented Methods and Finite Element Analysis. Glasgow: Saxe-Coburg Publications: 2001; 7-20.
- 52) Rao S.S. The Finite Element Method In Engineering, 2nd Ed. Oxford: Pergamon Press, 1989; 1-21.
- 53) Baiamonte T., Abbate M.F., Pizzarello F., Lozada J., James R. The Experimental Verification of the Efficacy of Finite Element Modeling to Dental Implant Systems. J Oral Implantology 1996; 22: 104-110.
- 54) Williams K.R., Watson C.J., Murphy W.M., Scott J., Gregory M., Sinobad D. Finite Element Analysis of Fixed Protheses Attached to Osseointegrated Implants. Quintessence Int. 1990; 21: 563-570.,
- 55) Thresher Rw, Saito Ge. The Stress Analysis of Human Teeth. J Biomech 1973; 6(5):443-449.
- 56) Ulm C., Solar P., Blahaut R. : Reduction of the Compact and Cancellous Bone Substances of the Edentulous Mandible Caused by Resorbtion, Oral Surg Oral Med Oral Pathol., 1992; 74,131-136.
- 57) Craig, Rg., Farah, Jf. : Stress From Loading Distal Explantation Removable Partial Dentures. J Prosthet Dent., (1978); 39(3), 274-277.
- 58) Baran, Nm. Finite Element Analysis on Microcomputers, Mcgrow Hill, Ins., 1988; 27-60.
- 59) Bathe, Kj., Wilson, Le., Peterson, Ef.: A Structural Analysis Program for Static and Dinamic Response of Lineer Systems. College of Engineering, University of California: (1973) 6-54.
- 60) Meyer U, Vollmer D, Runte C, Bourauel C, Joos U. Bone Loading Pattern Around Implants in Average and Atrophic Edentulous Maxilla: A Finite Element Analysis. J Cranio Maxillofac Surg. 2001; 29(2): 100-105.
- 61) Ferrario Vf, Sforza G, Poggio Ce, Schmitz Jh. Facial Volume Changes During Normal Human Growth and Development. Anat Rec 1998; 250(4): 480-7.
- 62) Stegaroiu R, Khraisat A, Nomura S, Miyakawa O. Influence of Superstructure Materials on Strain Around an Implant Under two Loading Conditions: A Technical Investigation. Int J Oral Maxillofac Implants. 2004; 19(5): 735-42.
- 63) Choi K., Goldstein Sa.: The Fatigue Properties of Bone Tissues on Microstructural Level. Trans 37 Th. Orthop. Res. Soc., (1991); 16, 485,

- 64) Rho Jy., Ashman, Rb., Turner, Ch.: Young's Modulus of Trabecular and Cortical Bone Material: Ultrasonic and Microtensile Measurements. J Biomechanics. (1993); 26, 111-119,
- 65) Bathe, Kj., Wilson, Le., Peterson, Ef.: Sap Iv- A Structural Analysis Program for Static and Dinamic Response of Lineer Systems. College of Engineering, University of California: (1973); 6-54.
- 66) Balatlıoğlu, A. (2000) Akrilik Kaide ve Yumuşak Astarlı Tam Protezlerde ve Destek Dokularında Gerilme Dağılımlarının Üç Boyutlu Sonlu Elemanlar Gerilme Analizi ile İncelenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- 67) Gashi B. (2009) Posterior Maxillada Yeterli kemik Hacminin Olmadığı Durumlarda İmplant Uygulamasında Kuvvet Dağılımlarının Sonlu Elemanlar Analizi ile İncelenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- 68) Bueche F. Principles of Physics, 3rd Ed. Mcgrow-Hill, Usa, 1977.
- 69) James A.M., Lord M.P. In Macmillan's Chemical and Physical Data, Macmillan, London, Uk, 1992.
- 70) Aydınlık, E., Şahin, E.: Diş Hekimliğinde Stres Analizleri. Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, (1977); 1,(1), 78-85
- 71) Veziroglu F., Yilmaz D. Biomechanical Evaluation of the Consolidation Period of Alveolar Distraction Osteogenesis with Three-Dimensional Finite Element Analysis 2008;37:5, 448-452
- 72) Geramy, A. Ve Morgano, S.M. (2004). Finite Element Analysis of Three Designs of An Implant-Supported Molar Crown. Journal of Prosthetic Dentistry, 92(5), 434-40
- 73) Shaw Am, Sameshima Gt, Vu Hv. Mechanical Stress Generated by Orthodontic Forces on Apical Root Cementum: A Finite Element Model. Orthod Craniofacial Res 2004; 7:98-107.
- 74) Hughes Tjr. The Finite Element Method. New Jersey: Prentice-Hall; 1987.
- 75) Moaveni S. Finite Element Analysis: Theory and Application with Ansys. New Jersey: Prentice-Hall; 2003.
- 76) Gümüş H.Ö. (2007) Üç Farklı Dental İmplant Yiv Tasarımının ve İki Farklı Dental İmplant Çapının Değişik Yoğunluktaki Kemik Üzerinde Oluşturdukları Streslerin Üç Boyutlu Sonlu Elemanlar Stres Analizi Yöntemi ile Karşılaştırılması. Doktora Tezi, Hacettepe Üni. Sağlık Bilimleri Enstitüsü

- 77) Jafari, A., Shetty, S., Kumar, M.: Study Of Stres Distrubition and Displacement of Various Craniofacial Structures Following Application of Transverse Orthopedic Forces- A Three Dimensional Fem Study, Angle Orthod., 2003; 73(1), 12-20.
- 78) Sancakli E. (2006) Alt Dişsiz Çenede Bar Destekli İmplant Üstü Protezlerin Stres Dağılımlarının Sonlu Elemanlar Stres Analiz Yöntemi ile Değerlendirilmesi. İstanbul Üni. Sağlık Bilimleri Enstitüsü
- 79) Burnett, Sd.: Fem From Concepts To Application, Addison-Wesley Publishing Company, (1988)
- 80) Veziroğlu F. (2005) Alveolar Distraksiyon Sonrası Yerleştirilen Üç Farklı Tip İmplantın Çevre Dokulara Etkisinin Üç Boyutlu Modelleme ve Sonlu Elemanlar Analizi ile İncelenmesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- 81) Erkmen E, Simsek B, Yucel E, Kurt A. Three Dimensional Finite Element Analysis Used to Compare Methods of Fixation After Sagittal Split Ramus Osteotomy: Setback Surgery-Posterior Loading. Br J Oral Maxillofac Surg. 2005; 43(2):97-104,.
- 82) Deguchi T., Nasu M. Quantitative Evaluation of Cortical Bone Thickness with Computed Tomographic Scanning for Orthodontic Implants. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2006; 129:721
- 83) Wang Tm., Leu Lj., Wang Js., Lin Ld.: Effects of Prosthesis Materials and Prosthesis Splinting on Peri-Implant Bone Stress Around Implants in Poor- Quality Bone: A Numeric Analysis, Int J Oral Maxillofac Implants. (2002);17, 231-237.
- 84) Holmes J. D., Dierks E.J.(2004). Peterson's Principles of Oral And Maxillofacial Surgery 2nd Ed. p633.
- 85) Nakayama E. Imaging diagnosis for bone invasion by gingival carcinoma of the mandible: The value and the limitation. Japanese Dental Science Review. 2009; 45, 1, 23-30
- 86) Swearingen Ag, McGraw Jp, Palumbo Vd: Roentgenographic Pathologic Correlation Of Carcinoma Of The Gingiva Involving The Mandible. Ajr Am J Roentgenol. 1966; 96:15,
- 87) Brown Js, Griffith Jf, Phelps Pd, Browne Rm. A Comparison of Different Imaging Modalities and Direct Inspection After Periosteal Stripping in Predicting the Invasion of the Mandible by Oral Squamous Cell Carcinoma. Br J Oral Maxillofac Surg. 1994; 32:347-59.

- 88) Shaha Ar. Marginal Mandibulectomy for Carcinoma of the Floor of the Mouth. *J Surg Oncol.* 1992; 49:116–9.
- 89) Gilbert S, Tzadik A, Leonard G. Mandibular Involvement by Oral Squamous Cell Carcinoma. *Laryngoscope* 1986; 96:96–101.
- 90) Randall Cj, Eyre J, Davies D, Walsh-Waring Gp. Marginal Mandibulectomy for Malignant Disease: Indications, Rationale and Results. *J Laryngol Otol.* 1987; 101:676–684.
- 91) Shaha Ar, Spiro Rh, Shah Jp, Strong Ew. Squamous Carcinoma of the Floor of the Mouth. *Am J Surg.* 1984; 148:455–459.
- 92) Totsuka Y, Usui Y, Tei K: Results of Surgical Treatment for Squamous Carcinoma of the Lower Alveolus: Segmental vs Marginal Resection. *Head Neck.* 1991;13:114,
- 93) Brown Js, Lewis-Jones H: Evidence for Imaging in the Management of Oral Squamous Cell Carcinoma. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2001; 39:411.
- 94) Pathak K. A., Agarwal R., Marginal mandibulectomy for lateral sulcus tumours. *European Journal of Surgical Oncology* 2004; 30, 7, 804-806.
- 95) Werning Jw, Byers Rm, Novas Ma, Roberts D. Preoperative Assessment for and Outcomes of Mandibular Conservation Surgery. *Head Neck* 2001; 23:1024–30.
- 96) Ord Ra, Sarmadi M, Papadimitrou J. A Comparison of Segmental and Marginal Bony Resection for Oral Squamous Cell Carcinoma Involving the Mandible. *J Oral Maxillofac Surg.* 1997; 55:470–8.
- 97) Shingaki S, Nomura T, Takada M, Kobayashi T, Suzuki I, Nakajima T. Squamous Cell Carcinomas of the Mandibular Alveolus: Analysis of Prognostic Factors. *Oncology* 2002; 62: 17–24.
- 98) Guerra M., Mario Fernando, Luis Naval, Francisco Rodriguez. Marginal and Segmental Mandibulectomy in Patients with Oral Cancer: A Statistical Analysis of 106 Cases. *J Oral Maxillofac Surg.* 2003; 61:1289-1296,
- 99) Wolff D, Hassfeld S, Hofele C. Influence Of Marginal and Segmental Mandibular Resection on the Survival Rate in Patients with Squamous Cell Carcinoma of the Inferior Parts of the Oral Cavity. *J Craniomaxillofac Surg* 2004; 32:318–23.
- 100) Namaki S, Matsumoto M, Ohba H, Tanaka H, Koshikawa N, Shinohara M. Masticatory Efficiency Before and After Surgery in Oral Cancer Patients:

Comparative Study of Glossectomy, Marginal Mandibulectomy and Segmental Mandibulectomy. J Oral Sci 2004; 46:113–7.

101) Pogrel Ma. The Marginal Mandibulectomy for the Treatment of Mandibular Tumors. Br J Oral Maxillofac Surg. 1987; 27:132–138.

102) Clark C. R., Morgan C., Sonstegard D. A., Matthews L. S.. The Effect of Biopsy-Hole Shape and Size on Bone Strength. J Bone Joint Surg Am. 1977; 59:213-217.

103) Fidler Mw, Stollard G: The Management of Secondary Neoplastic Deposits in Long Bones by Prophylactic Internal Fixation. Arch Chir Neerland. 1977; 29:177.

104) Linclau L, Dokter G: Osteosynthesis of Pathologic Fractures and Prophylactic Internal Fixation of Metastases in Long Bones. Acta Orthop Belg. 1992; 58:330,

105) Aydınlik E., Şahin E.: Diş Hekimliğinde Stres Analizleri, Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, (1977); 1(1):78-85,

106) İsmail, Y.H., Phauntis, Ln, Fleming, Jf.: Comparision of Two-Dimensional And Three-Dimensional Finite Element Analysis of a Blade İmplant. J Oral İmp., (1987); 4,25-61.

107) Kamposira, P., Papavasiliou, G., Bayne, Sc, Felton, Da.: Finite Element Analysis Estimates of Cement Microfracture Under Complete Lineer Crowns. J Prosthet Dent., (1994); 71, 435-441.

108) Chun, H.J., Cheong, S.Y., Han, J.H., Heo, S.J., Chung, J.P., Rhyu, I.C. Evaluation of Design Parameters of Osseointegrated Dental Implants Using Finite Element Analysis. Journal Of Oral Rehabilitation, (2002); 29(6), 565-74.

109) Tada, S., Stegaroiu, R., Kitamura, E., Miyakawa, O. V. Kusakari, H. Influence of Implant Design and Bone Quality on Stress/Strain Distribution in Bone Around Implants: A 3-Dimensional Finite Element Analysis. The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants. (2003); 18(3), 357-68.

110) Geng J. P., Ma Q. S., Xu W., Tan K. B., Liu G. R. Finite Element Analysis of Four Thread-Form Configurations in a Stepped Screw Implant. Journal of Oral Rehabilitation. (2004); 31(3) 233-39 (77, 64, 112-114)

111) Himmlova L., Dostalova T., Kacovsky A., Konvickova S.. Influence Of Implant Length And Diameter On Stress Distribution: A Finite Element Analysis. Journal Of Prosthetic Dentistry , (2004); 91(1), 20-5.

112) Rues S., Lenz J., Turp J. C., Schweizerhof K., Schindler H. J. Forces and Motor Control Mechanisms During Biting in a Realistically Balanced Experimental Occlusion. Archives of Oral Biology (2008); 531119 –1128

113) J.H. Koolstra. Dynamics Of The Human Masticatory System. Crit Rev Oral Biol Med. (2002); 13(4):366-376

114) İplikçioglu H, Akça K. Comparative Evaluation of the Effect of Diameter, Length and Number of Implants Supporting Three-Unit Fixed Partial Prostheses on Stress Distribution in the Bone. J Dent 2002; 30 (1): 41-46.