



ADİYAMAN ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
AĞIZ, DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ ANABİLİM DALI

**KORONOİDEKTOMİ SONRASI MANDİBULAR KONDİL
BÖLGESİNİN TRAVMATİK KUVVET KARŞISINDAKİ
DAYANIMIN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Sedat AKA

DANIŞMAN

DR. ÖĞR. ÜYESİ HALİL İBRAHİM DURMUŞ

Adıyaman/2025

T.C.
ADİYAMAN ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
AĞIZ, DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ ANABİLİM DALI

**KORONOİDEKTOMİ SONRASI MANDİBULAR KONDİL
BÖLGESİNİN TRAVMATİK KUVVET KARŞISINDAKİ
DAYANIMIN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

SEDAT AKA

DANIŞMAN
DR.ÖĞR. ÜYESİ HALİL İBRAHİM DURMUŞ

ADİYAMAN, 2025

JÜRİ ONAYI

Adıyaman Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalında Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim DURMUŞ danışmanlığında Arş. Gör. Sedat AKA tarafından hazırlanan “**Koronoidektomi Sonrası Mandibular Kondil Bölgesinin Travmatik Kuvvet Karşısındaki Dayanımın Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Değerlendirilmesi**” adlı tez çalışması 27/10/2025 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonrası tarafımızca yapılan değerlendirme sonucu jürimiz tarafından Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalında Uzmanlık Tezi olarak başarılı bulunmuş ve kabul edilmiştir.

Jüri Üyesinin Ünvanı/Adı/Soyadı:

İmza:

Başkan : Prof. Dr. Mahmut KOPARAL

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Sezai ÇİFTÇİ

Üye (Tez Danışmanı) : Dr. Öğr. Üyesi. Halil İbrahim DURMUŞ

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım

Prof. Dr. Yasin ÇİÇEK

Diş Hekimliği Fakültesi

Dekanı

Uzmanlık Tezi

Adıyaman 2025

ÖZET

KORONOİDEKTOMİ SONRASI MANDİBULAR KONDİL BÖLGESİNİN TRAVMATİK KUVVET KARŞISINDAKİ DAYANIMIN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Sedat AKA

Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı
Adıyaman Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi 27/10/2025
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim DURMUŞ

Amaç: Çalışmamızın amacı, koronoidektomi sonrasında mandibular kondil bölgesinin travmatik kuvvetler karşısındaki biyomekanik dayanımında meydana gelen değişiklikleri sonlu elemanlar analizi yöntemiyle değerlendirmektir. Ayrıca, koronoidektominin mandibula üzerindeki biyomekanik dengeye etkileri, özellikle kondil bölgesindeki stres dağılımı açısından ayrıntılı olarak incelenmektedir.

Gereç ve yöntem: Bu çalışmada, standart bir anatomi atlasından elde edilen mandibula geometrisi temel alınarak iki ayrıntılı model oluşturulmuştur: Anatomik bütünlüğü korunmuş kontrol modeli ve tek taraflı koronoid prosesin cerrahi olarak uzaklaştırıldığı koronoidektomi modeli. Atlas kaynaklı mandibula verileri yüksek çözünürlüklü STL formatında dijital ortama aktarılmış; kortikal-spongiyöz kemik ayrımı, diş ve periodontal ligament dokuları bireysel olarak tanımlanarak model heterojen yapıda tasarlanmıştır. Her iki model, simfiz, parasimfiz ve angulus bölgelerine uygulanan 2000 N'luk üç travmatik yükleme altında değerlendirilmiştir. Analizler Abaqus yazılımında lineer statik sonlu elemanlar yöntemiyle gerçekleştirilmiş; Von Mises, Pmax ve Pmin stres dağılımları ile yük aktarım vektörlerindeki değişiklikler ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Bulgular: Koronoidektomi uygulanan modelde tüm yükleme senaryoları, kondil boynu ve ramus-kondil geçiş hattında belirgin stres artışları oluşturmuştur. Frontal yüklemelerde Von Mises gerilmesi 149→210 MPa'a yükselmiş ve Pmax-Pmin bileşenlerinin eşzamanlı artışı stres izobarlarının dar bir alanda sıkışmasına neden olmuştur. Oblik yüklemelerde Von Mises gerilmesinin 185→242 MPa'a çıkmasıyla yük dağılımı belirgin şekilde asimetrik hale gelmiş; temporalis kas vektörünün kaybı nedeniyle yük aktarım yönü daha dik bir hat üzerinden kondil boynuna yönlenmiştir. Lateral yüklemelerde ise Von Mises değeri 380→435 MPa'a ulaşmış ve stres alanı geniş yüzeylerden dar bir kondiler bölgeye yoğunlaşarak hem Pmax hem Pmin stres bileşenlerinin aynı anatomik hatta yükselmesine yol açmıştır. Tüm modellerde kesme streslerinin yön değiştirmesi ve stres gradyanlarının keskinleşmesi, koronoid prosesin yük taşıma yollarındaki dengeleyici rolünün kaybıyla yükün daha kısa, daha konsantre bir biomekanik hat üzerinden kondil boynuna aktarıldığını göstermiştir.

Sonuç: Koronoid prosesin uzaklaştırılması mandibular ramus-kondil kompleksinde biomekanik bütünlüğü zayıflatmakta, yük aktarım yollarını daraltarak kondil boynunda yüksek stres konsantrasyonlarına yol açmaktadır. Bu yapı, mandibulanın travmatik kuvvetlere karşı mekanik stabilitesini belirleyen kritik bir stres dağıtıcı unsur olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Koronoidektomi, Mandibular Kondil, Sonlu Elemanlar Analizi.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE RESISTANCE OF THE MANDIBULAR CONDYLAR REGION AGAINST TRAUMATIC FORCES AFTER CORONOIDECTOMY USING THE FINITE ELEMENT METHOD

Sedat AKA

Oral and Maxillofacial Surgery Department

Adiyaman University, Dentistry Faculty, 27/10/2025

Supervisor: Assist. Prof. Halil İbrahim DURMUŞ

Aim: The aim of this study is to evaluate the biomechanical changes in the resistance of the mandibular condylar region against traumatic forces following coronoidectomy using the finite element analysis method. Furthermore, the effects of coronoidectomy on the biomechanical balance of the mandible, particularly in terms of stress distribution within the condylar region, were examined in detail.

Materials and Methods: In this study, two detailed mandibular models were constructed based on mandibular geometry obtained from a standard anatomical atlas: An anatomically intact control model and a unilateral coronoidectomy model in which the coronoid process was surgically removed. Atlas-derived mandibular data were transferred into the digital environment in high-resolution STL format, and cortical–cancellous bone differentiation, teeth, and periodontal ligament tissues were individually defined to create a heterogeneous and anatomically realistic structure. Both models were evaluated under three traumatic loading scenarios of 2000 N applied to the symphysis, parasymphysis, and angulus regions. Analyses were performed using linear static finite element methods in Abaqus, and changes in Von Mises, Pmax, and Pmin stress distributions as well as deviations in load-transfer vectors were examined in detail.

Results: In the coronoidectomy model, all loading scenarios produced marked stress increases in the condylar neck and the ramus–condyle transition zone. Under frontal loading, Von Mises stress rose from 149→210 MPa, with concurrent elevations in Pmax and Pmin causing stress isobands to compress into a narrower region. Oblique loading increased Von Mises from 185→242 MPa and generated a distinctly asymmetric distribution, as the loss of the temporalis force vector redirected load transfer along a steeper path toward the condylar neck. Lateral loading produced the highest amplification, with Von Mises increasing from 380→435 MPa and stress fields collapsing from broad surfaces into a concentrated condylar zone, where both tensile (Pmax) and compressive (Pmin) components intensified along the same anatomical line. Across all models, the shift in shear-stress orientation and sharpening of stress gradients indicated that removal of the coronoid process disrupts load-dissipation pathways, redirecting forces through a shorter, more concentrated biomechanical route toward the condylar neck.

Conclusion: Removal of the coronoid process compromises the biomechanical integrity of the ramus-condyle complex by narrowing load-bearing pathways and generating concentrated stress fields in the condylar neck. These findings underscore the coronoid process as a key structural modulator of mandibular load dissipation.

Keywords: Coronoidectomy, Mandibular Condyle, Finite Element Analysis.

TEŞEKKÜR

Eğitim hayatım ve akademik yolculuğum boyunca bilgi, tecrübe ve rehberlikleriyle gelişimime yön veren, akademik düşünme becerilerimin şekillenmesinde büyük katkıları bulunan Sayın Prof. Dr. Mahmut KOPARAL'a

Akademik gelişimim süresince her zaman desteğini hissettiren, bilimsel titizliği, yönlendirici eleştirileri ve teşvik edici tutumuyla bana yol gösteren Sayın Danışman Hocam Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim DURMUŞ'a

Eğitimim ve akademik çalışmalarım süresince bilgi, deneyim ve yapıcı önerileriyle bana katkı sunan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ümit SOLMAZ'a

Tez sürecimde bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen ve rehberliğiyle büyük katkıları olan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sezai ÇİFTÇİ'ye

Birlikte çalışmaktan onur duyduğum, mesleki paylaşım ve dostluklarıyla her zaman yanımda olan, özverili ve yardımsever tavırlarıyla desteklerini esirgemeyen değerli asistan arkadaşlarıma,

Hayatımın her döneminde olduğu gibi, eğitim ve akademik süreçlerimde de varlıklarıyla bana güç veren, sabırları, anlayışları ve sevgileriyle her zaman en büyük destekçilerim olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Adıyaman Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Sedat AKA

İÇİNDEKİLER

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ ONAYI.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Baş Bölgesi Kemikleri	4
2.1.1. Maksilla	4
2.1.2. Zigomatik Kemik	4
2.1.3. Mandibula	4
2.1.3.1. Mandibulanın Embriyolojisi.....	5
2.1.3.2. Mandibulanın Anatomisi.....	5
2.2. Temporomandibular Eklem (TME).....	7
2.2.1. TME Kemikli Bileşenleri	7
2.2.2. TME'nin Eklem Kapsülü ve Ligamentleri	7
2.2.3. Artiküler Disk	9
2.2.4. Çiğneme Kasları.....	9
2.2.4.1. Masseter Kası	10
2.2.4.2. Temporal Kas	10
2.2.4.3. Medial Pterygoid Kas	11
2.2.4.4. Lateral Pterygoid Kas	12
2.3. Mandibula Kırıklarının Biyomekaniği.....	13
2.4. Mandibula Kırıklarının Etiyolojisi	14
2.5. Kondil Kırıkları	16
2.5.1. Kondil Kırıklarının Sınıflandırılması	16

2.5.2. Mandibula Kondil Kırıklarının Tanısı.....	18
2.5.2.1. Klinik Muayene	18
2.5.2.2. Görüntüleme Yöntemleri ile Değerlendirme.....	19
2.5.3. Mandibular Kondil Kırıklarının Tedavisi.....	21
2.5.3.1. Kondil Kırıklarında Kapalı Redüksiyon	23
2.5.3.2. Kondil Kırıklarında Açık Redüksiyon	23
2.5.4. Mandibular Kondil Kırıklarının Komplikasyonları	25
2.6. Koronoid Proses	26
2.6.1. Koronoid Proses Anomalileri	28
2.6.2. Koronoid Proses Kırıkları.....	29
2.6.3. Koronoidektomi	31
2.6.4. Koronoidektomi Cerrahisi	33
2.7. Sonlu Eleman Analizi	34
2.7.1. Stres Analizinde Kullanılan Kavramlar	36
3. MATERYAL VE METOT	41
3.1. Üç Boyutlu Modellerin Oluşturulması	41
3.2. Ağ Yapısının Oluşturulması, Eleman ve Düğüm Sayılarının Belirlenmesi	43
3.3. Yükleme Senaryoları	44
4. BULGULAR.....	46
4.1. Simfiz Bölgesi – Frontal Yükleme (2000 N)	46
4.2. Parasimfiz Bölgesi – Oblik Yükleme (2000 N)	53
4.3. Angulus Bölgesi – Lateral Yükleme (2000 N).....	61
5. TARTIŞMA.....	71
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	80
KAYNAKÇA.....	81
EK-1. ETİK KURUL ONAY FORMU	98
ÖZGEÇMİŞ	99

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3.1.	Modelde tanımlanan dokuların mekanik özellikleri.....	43
Tablo 3.2.	Eleman sayısı, Düğüm sayısı ve Eleman tipleri.....	44
Tablo 4.1.	Sağ taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki, simfiz bölgesine uygulanan frontal kuvvet sonrası kondil bölgesindeki Pmax, Pmin ve Von Mises değerleri	47
Tablo 4.2.	Sol tarafta, simfiz bölgesine uygulanan frontal kuvvet sonrasında, kontrol ve koronoidektomi modellerinde kondil bölgesine ait Pmax, Pmin ve Von Mises değerleri.....	50
Tablo 4.3.	Sağ taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki, parasimfiz bölgesinden uygulanan oblik kuvvet sonrası kondil bölgesindeki Pmax, Pmin ve Von Mises değerleri;.....	55
Tablo 4.4.	Sol tarafta kontrol ve koronoidektomi modellerindeki parasimfiz bölgesinden uygulanan oblik kuvvet sonrası kondil bölgesindeki Pmax, Pmin ve Von Mises değerleri;.....	58
Tablo 4.5.	Sağ tarafta kontrol ve koronoidektomi modellerindeki,angulus bölgesinden uygulanan lateral kuvvet sonrası kondil bölgesindeki Pmax, Pmin ve Von Mises değerleri;.....	63
Tablo 4.6.	Sol taraf kontrol ve koronoidektomi modellerinde, angulus bölgesinden uygulanan lateral kuvvet sonrası kondil bölgesindeki Pmax, Pmin ve Von Mises değerleri;	66

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	TME Ligamentleri.....	9
Şekil 2.2.	Temporalis ve Masseter Kasları.....	11
Şekil 2.3.	Medial ve Lateral Pterigoid Kasları	12
Şekil 2.4.	Mandibula kırıklarının anatomik bölgeleri	15
Şekil 2.5.	Lindahl'ın kondil kırık sınıflaması.....	17
Şekil 2.6.	Sırasıyla koronoid proses şekilleri; Üçgen Tip, Yuvarlak Tip, Kanca Tip.....	27
Şekil 2.7.	Aksiyal (a) ve koronal (b) kesitlerde sol koronoid proses kırık hattı	30
Şekil 2.8.	Sol koronoid proses kırığının 3 boyutlu görüntüsü	30
Şekil 2.9.	CBCT'de hiperplazik koronoid proses (a), hiperplazik koronoid prosesin zigomatik arkla çatışmasının 3D görüntüsü (b)	34
Şekil 2.10.	Koronoidektomi uygulaması; koronoid prosesin açığa çıkarılması (a), koronoidektomi kesi hattı (b), rezeke edilen koronoid proses (c).....	34
Şekil 3.1.	Kortikal kemik yapı ile oluşturulmuş kontrol modeli ve koronoidektomi modeli frontal görünüm	42
Şekil 3.2.	Kortikal kemik yapı ile oluşturulmuş kontrol modeli ve koronoidektomi modeli lateral görünüm.....	42
Şekil 3.3.	Spongiyoz kemik yapı ile oluşturulmuş kontrol modeli ve koronoidektomi modeli.....	42
Şekil 3.4.	Dışler ve periodontal ligamentlerin modellenmesi	43
Şekil 3.5.	2000 N'luk kuvvetin simfiz , parasimfiz ve angulus bölgelerine uygulanma alanları	45
Şekil 4.1.	Simfiz bölgesindeki frontal yüklemde Pmax lateral görünüm(sağ)	46
Şekil 4.2.	Simfiz bölgesindeki frontal yüklemde Pmin lateral görünüm(sağ).....	47
Şekil 4.3.	Simfiz bölgesindeki frontal yüklemde Von Mises lateral görünüm(sağ)	47
Şekil 4.4.	Sağ taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmax değerleri	48
Şekil 4.5.	Sağ taraf kontrol koronoidektomi modellerindeki Pmin değerleri.....	48
Şekil 4.6.	Sağ taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Von Mises değerleri	49
Şekil 4.7.	Simfiz bölgesindeki frontal yüklemde Pmax lateral görünüm(sol).....	49
Şekil 4.8.	Simfiz bölgesindeki frontal yüklemde Pmin lateral görünüm(sol)	50

Şekil 4.9.	Simfiz bölgesindeki frontal yüklemde Von Mises lateral görünüm(sol).....	50
Şekil 4.10.	Sol taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmax değerleri	51
Şekil 4.11.	Sol taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmin değerleri.....	51
Şekil 4.12.	Sol taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Von Mises değerleri	52
Şekil 4.13.	Frontal yüklemde Kondil (Sağ & Sol) – Kontrol ve Koronoidektomi Modellerinde Gerilme Karşılaştırması	53
Şekil 4.14.	Parasimfiz bölgesindeki oblik yüklemde Pmax lateral görünüm(sağ)	54
Şekil 4.15.	Parasimfiz bölgesindeki oblik yüklemde Pmin lateral görünüm(sağ)	54
Şekil 4.16.	Parasimfiz bölgesindeki oblik yüklemde Von Mises lateral görünüm(sağ)	55
Şekil 4.17.	Sağ taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmax değerleri	56
Şekil 4.18.	Sağ taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmin değerleri.....	56
Şekil 4.19.	Sağ taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Von Mises değerleri	57
Şekil 4.20.	Parasimfiz bölgesindeki oblik yüklemde Pmax lateral görünüm(sol)	57
Şekil 4.21.	Parasimfiz bölgesindeki oblik yüklemde Pmin lateral görünüm(sol).....	58
Şekil 4.22.	Parasimfiz bölgesindeki oblik yüklemde Von Mises lateral görünüm (sol).....	58
Şekil 4.23.	Sol taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmax değerleri	59
Şekil 4.24.	Sol taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmin değerleri.....	59
Şekil 4.25.	Sol taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Von Mises değerleri	60
Şekil 4.26.	Oblik yüklemde Kondil (Sağ & Sol) – Kontrol ve Koronoidektomi Modellerinde Gerilme Karşılaştırması	61
Şekil 4.27.	Angulus bölgesindeki lateral yüklemde Pmax lateral görünüm(sağ)	62
Şekil 4.28.	Angulus bölgesindeki lateral yüklemde Pmin lateral görünüm(sağ).....	62
Şekil 4.29.	Angulus bölgesindeki lateral yüklemde Von Mises lateral görünüm (sağ)	63
Şekil 4.30.	Sağ taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmax değerleri	64
Şekil 4.31.	Sağ taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmin değerleri.....	64
Şekil 4.32.	Sağ taraf kontrol modeli ve koronoidektomi modeli Von Mises değerleri	65

Şekil 4.33.	Angulus bölgesindeki lateral yüklemde Pmax lateral görünüm(sol).....	65
Şekil 4.34.	Angulus bölgesindeki lateral yüklemde Pmin lateral görünüm(sol)	66
Şekil 4.35.	Angulus bölgesindeki lateral yüklemde Von Mises lateral görünüm (sol).....	66
Şekil 4.36.	Sol taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmax değerleri.....	67
Şekil 4.37.	Sol taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmin değerleri.....	67
Şekil 4.38.	Sol taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmin değerleri.....	68
Şekil 4.39.	Lateral yüklemde Kondil (Sağ & Sol) – Kontrol ve Koronoidektomi Modellerinde Gerilme Karşılaştırması	69
Şekil 4.40.	Frontal, Oblik ve Lateral yüklemelerde Kondil (Sağ & Sol) – Kontrol ve Koronoidektomi Modellerinde Gerilme Karşılaştırması.....	70

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

BT	: Bilgisayarlı Tomografi
IMF	: İnteramaksiller Fiksasyon
KPH	: Koronoid Proses Hiperplazisi
N	: Newton
PDL	: Periodontal Ligament
Pmax	: Maximum Principal
Pmin	: Minimum Principal
SEA	: Sonlu Elemanlar Analizi
TME	: Temporomandibular Eklem

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Maksillofasiyal bölge, alın bölgesindeki frontal kemikten başlayıp mandibulaya kadar uzanan, yüzün tüm sert ve yumuşak dokularını kapsayan anatomik bir alandır. Vücudun travmaya en açık bölgelerinden biri olan bu alan, farklı şiddetlerdeki darbeler sonucu yumuşak dokularda, kemik yapılarda ve dişlerde çeşitli yaralanmaların oluşmasına neden olabilir (Abbas vd., 2009; Oji, 1999).

Mandibula, alt çenenin temelini oluşturan “U” biçiminde bir kemiktir ve her iki yanından temporal kemikle eklem yaparak kraniyomandibular bağlantıyı sağlar. Yapısal olarak kavisli bir gövdeye ve iki dikey ramusa sahiptir. Her bir ramus, koronoid ve kondiler olmak üzere iki önemli çıkıntıyı barındırır (Pradhan vd., 2014).

Mandibula, maksillofasiyal iskelet içerisinde travmaya en duyarlı ve kırıkların en sık meydana geldiği kemiklerden biridir. Maksillofasiyal bölgedeki tüm yaralanmaların yaklaşık %25-30’unu mandibula kırıkları oluşturmaktadır (Mijiti vd., 2014).

Mandibula kırıklarının oluş nedenlerinin, toplumların sosyoekonomik durumu, kültürel özellikleri ve coğrafi konumlarına bağlı olarak farklılık gösterdiği belirtilmiştir. En yaygın etiyolojik faktörler arasında trafik kazaları, kişiler arası şiddet, düşmeler ve spor yaralanmaları yer alır. Sanayileşmiş ve gelişmiş ülkelerdeki veriler ise mandibula kırıklarının genellikle çoklu kırıklar, ciddi maksillofasiyal kırıklar ve komşu organ yaralanmalarıyla birlikte meydana geldiğini göstermektedir (Al-Dajani vd., 2015).

Tüm mandibular kırıklar arasında kondiler kırıklarının oranı %17,5 ile %52 arasındadır (De Riu vd., 2001; Miloro, 2003; Zachariades vd., 2006). Kondil kırıkları, tanı ve tedavi açısından en çok tartışılan mandibula kırıkları arasında yer alır (Villarreal vd., 2004). Bu kırıkların çoğu; doğrudan kondile gelen travmadan ziyade, mandibulanın farklı bölgelerine uygulanan darbelerin dolaylı kuvvetler aracılığıyla kondile iletilmesi sonucu oluşur. Bu nedenle, kondil kırıkları sıklıkla gözden kaçabilen kırık tipleri olarak kabul edilir (Lee vd., 1992; Pereira vd., 1995; Silvennoinen vd., 1992).

Çeşitli çalışmalar, mandibula kırıklarının en çok kondil, angulus ve simfiz bölgelerinde görüldüğünü, bu bölgelerin ise yapısal özellikleri nedeniyle kırık açısından en zayıf ve hassas noktalar olduğunu bildirmektedir (Atilgan vd., 2010; Erol vd., 2004; Yamamoto vd., 2019).

Koronoid proses (coronoid, Latince “karga” anlamına gelir), mandibula ramusunun kemik çıkıntılarından biridir (Dr Smita Tapas, 2014). Koronoid proses, temporalis kasının başlangıç kitlesi içinde bağımsız bir yapı olarak gelişir ve yaklaşık 8. haftada mandibula

ramusunun ana kısmıyla birleşir. Standart anatomi kitapları, koronoid prosesi düz ve üçgen olarak tarif ederken; çeşitli yayınlarda yuvarlak ve kanca şeklinde tipler de bildirilmiştir (Pradhan vd., 2014).

Koronoid proses, mandibulanın hareketliliğini ve stabilitesini destekleyerek temporomandibular eklemin (TME) işlevlerine katkı sağlar (Goh vd., 2020). Aynı zamanda biyouyumlu yapısı, kolay erişilebilirliği ve kısa sürede greft alınabilmesi gibi avantajlarıyla ideal bir donör bölge olarak kabul edilmektedir. Günümüzde otojen kemik greftleri, ağız ve maksillofasiyal bölgedeki kemik defektlerinin onarımı ve augmentasyonu için hâlen altın standart yöntem olarak kullanılmaktadır (Y. Kim vd., t.y.). Ayrıca, Koronoid proses, farklı popülasyonları ve ırkları değerlendirmek için antropolojik bir belirteç olarak da kullanılabilir (Lalitha & Sridevi, 2016).

Koronoidektomi, çeşitli patolojik ve yapısal durumların tedavisinde uygulanan cerrahi bir yöntemdir. Bu işlem; oral submukozal fibrozis, TME ankilozu, ağız içi veya çevresindeki malign lezyonlar, radyoterapi sonrası gelişen doku sertlikleri, koronoid proses veya zigomatik kemik kırıkları, perikoronit ve intraoral loj enfeksiyonları gibi farklı klinik tabloların yanı sıra, koronoid proses hiperplazisi gibi yapısal bozukluklar nedeniyle de uygulanabilir. Bu patolojik durumlar, ağız açıklığının kısıtlanmasına ve çiğneme ile konuşma fonksiyonlarının bozulmasına neden olarak hastanın yaşam kalitesini önemli ölçüde düşürür. Koronoidektomi, bu tür fonksiyonel kısıtlılıkların giderilmesi ve oral fonksiyonların yeniden kazanılması amacıyla uygulanan etkili bir tedavi protokolüdür (H. Gupta vd., 2014).

Literatürde, koronoid prosesin mandibular kuvvetlerin dağıtılmasında önemli bir rol oynadığı ve bu yapının uzaklaştırılmasının TME üzerindeki stresi artırdığı bildirilmiştir. Bu nedenle, koronoid prosesin yapısal bütünlük ve eklem stabilitesi açısından korunması, mandibular fonksiyonların devamlılığı için kritik öneme sahiptir. Koronoidektomi sonrası TME desteğinin azaldığı ve kondil bölgesinin mekanik dayanımının sınırlı hale geldiği bildirilmiştir. Sınırlı sayıda olan sonlu eleman analizi (SEA) çalışmaları da bu bulguları desteklemektedir. Yapılan modellemelerde, koronoidektomi sonrasında özellikle kondil boynu ve eklem yüzeyinde stres konsantrasyonlarının belirgin biçimde arttığı, bu artışın kırık oluşumuna zemin hazırlayabilecek düzeylere ulaştığı gösterilmiştir (Mao vd., 2020).

Koronoidektomi sonrası mandibular kondil bölgesinin travmatik kuvvetlere karşı dayanıklılığı üzerine yapılan çalışmaların sınırlı olması ve endikasyonlarının hâlâ tartışmalı olması, bu alanda önemli bir araştırma boşluğu oluşturmaktadır.

Çalışmamızın amacı, koronoidektomi sonrasında kondil bölgesinde meydana gelebilecek biyomekanik değişimleri değerlendirerek, olası komplikasyonların önlenmesine ve mandibular stabilitenin korunmasına yönelik bilimsel temelli veriler sunmaktır. Bu bulguların cerrahi planlama ve postoperatif rehabilitasyon süreçlerine katkı sağlaması hedeflenmektedir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Baş Bölgesi Kemikleri

İnsan anatomisinde baş iskeleti, kranium (kafatası) ile mandibuladan oluşmaktadır. Kraniumu meydana getiren temel kemik yapıları arasında temporal, frontal, parietal, sfenoid, oksipital, zigomatik, nasal ve maksiller kemikler bulunmaktadır. Mandibula ise kraniumdan ayrı olup, kafatasına eklem aracılığıyla bağlanan tek hareketli kemiktir (Okeson, 2019).

2.1.1. Maksilla

Maksilla, yüz iskeletinde mandibuladan sonra en büyük kemik olup, sağ ve sol iki parçanın orta hatta intermaksiller suture ile birleşmesiyle oluşur. Beş yüzlü piramidal bir yapı sergiler. Bu kemik; korpus, frontal çıkıntı, zigomatik çıkıntı, palatin çıkıntı ve alveolar çıkıntıdan oluşmaktadır (Toğaç, 2025).

2.1.2. Zigomatik Kemik

Zigomatik kemik, yüzün ön ve yan projeksiyonunu belirleyen önemli bir yapıdır ve estetik açıdan kritik bir role sahiptir. Dış yüzeyi (malar) konveks, iç yüzeyi (frontal) ise konkav yapıdadır ve genel olarak dörtgen biçimindedir. Bu kemik; maksilla, frontal, temporal ve sfenoid kemiklerle sırasıyla zigomatikomaksiller, zigomatikofrontal, zigomatikotemporal ve sfenozigomatik suturelar aracılığıyla eklem yapar. Kas bağlantıları açısından; masseter, zygomaticus major, zygomaticus minor, levator labii superioris ve temporalis kasları bu kemiğe tutunur. Ayrıca, dış yüzünde zygomaticofacial foramen, iç yüzünde ise zygomaticotemporal foramen yer alır (Toğaç, 2025).

2.1.3. Mandibula

Mandibula, kafatasında yer alan tek hareketli eklemi oluşturan ve U şeklinde yapı gösteren bir kemiktir (Morant vd., 1936). Alt dişlerin yerleşimini sağlayan bu kemik, baş bölgesinin en büyük ve en dayanıklı kemiği olma özelliğini taşır (Black & Ferguson, 2011). Çiğneme ve konuşma işlevlerinin yanı sıra yüzün alt üçte birlik kısmının iskeletini meydana getirerek estetik açıdan da önemli bir rol üstlenir. Yatay düzlemde kavisli olan mandibula, öne doğru konveks görünüm sergiler ve her iki yanında yukarı doğru uzanan geniş ramus ile son bulur (Halazonetis vd., 1991). Ramus, kondiler ve koronoid çıkıntıları üzerinde barındırır. Mandibula hem kortikal hem de trabeküler kemik dokusundan oluşur ve kasların

etkisiyle hareket eder. Kafatasında dinamik özellik taşıyan tek kemik olması nedeniyle, bilimsel araştırmalarda en çok ilgi gören yapılardan biri kabul edilmektedir (Black & Ferguson, 2011; Halazonetis vd., 1991).

2.1.3.1. Mandibulanın Embriyolojisi

Mandibulanın embriyolojik gelişimi, Meckel kıkırdağı etrafında bulunan fibröz mezenkimal dokularda başlayan primer intramembranöz ossifikasyon ile gerçekleşir. Bu gelişim süreci, intrauterin dönemin 6. ve 7. haftalarında başlamakta olup ergenlik döneminin sonuna dek devam eder. İntrauterin yaşamın 6. haftasında, Meckel kıkırdağının lateralinde her mandibula yarısı için tek bir ossifikasyon merkezi ortaya çıkar. Bu merkezden başlayan kemikleşme, ventral yönde mandibular korpusun dorsal yönde ise mandibular ramusun şekillenmesine katkı sağlar (Lee vd., 2001; Lipski vd., 2013).

Ossifikasyon süreci zamanla mandibulanın her iki yarısında simetrik olarak ilerleyerek temel anatomik yapıların gelişimini sağlar. Bu süreçte ilk olarak ikincil kıkırdak alanları ortaya çıkar ve zamanla kemikleşerek mandibulanın morfolojik özelliklerinin şekillenmesine katkıda bulunur. Böylece mandibula, yapısal ve işlevsel bütünlüğünü kazanır; çiğneme ve konuşma gibi fonksiyonlar için gerekli olan dinamik yapı oluşur (Przystańska vd., 2007).

İkincil kıkırdak yapılar, ilerleyen dönemde kondilin temel morfolojisinin oluşumuna katkıda bulunur ve kondilin endokondral kemikleşmesini destekleyen kartilajenöz matriksi sağlar. Doğum öncesi dönemde mandibulanın her iki yarısı arasında küçük mental kemikler meydana gelir; bu yapılar doğum sonrasında mandibula ile kaynaşarak mental çıkıntının oluşumuna yardımcı olur. Neonatal evrede mandibula, iki ayrı yarı şeklinde bulunur ve bu yarılar mandibular simfiz aracılığıyla birleşir. İnsanlar ve primatlarda doğumdan sonraki ilk yıl içinde bu birleşim tamamen kemikleşir ve mandibula yapısal bütünlüğüne kavuşmuş olur (Baylis, 2009; Tubbs et al., 2012).

2.1.3.2. Mandibulanın Anatomisi

Mandibula, yüz iskeletinin (viscerocranium) alt bölümünü meydana getiren ve çene hareketleri açısından kritik işlevlere sahip bir kemiktir. Kafatasındaki diğer kemiklerden farklı olarak sutural birleşmelerle değil, TME aracılığıyla kraniuma bağlanır. TME, mandibulanın kafatasına tutunmasını sağlamanın yanı sıra; çiğneme, konuşma ve mimik gibi

karmaşık hareketlerin gerçekleşmesinde de temel rol üstlenir. Yapısal olarak mandibula; korpus (gövde), ramus, angulus, kondil ve koronoid çıkıntılardan oluşur (Sobotta, 1997).

Mandibula korpusu, alt bölümde yer alan bazis mandibula ile üstte dişlerin dizildiği pars alveolaris olmak üzere iki kısımdan oluşur. Bazis mandibula, kalın yapısıyla dikkat çeken, yoğun kortikal tabaka içeren sağlam bir kemik bölümüdür. Pars alveolaris ise dişlerin yerleşimini sağlayan dar ve kavisli bir alan meydana getirir. Bu bölgede kortikal tabaka hem iç hem de dış yüzeyde ince bir yapı sergiler ve iki ince tabaka arasında spongiöz kemik dokusu bulunur. Böylece dişlerin desteklenmesi için gerekli esneklik sağlanmış olur (Lipski vd., 2013).

Dış tarafta, fetal dönemde sağ ve sol mandibular parçaların birleşmesi sonucu meydana gelen symphysis adı verilen bir çıkıntı hattı bulunur. Bu hattın alt ucu bölgesinde trigonum mentale olarak adlandırılan üçgen biçimli bir alan yer alır. Üçgenin tepe noktasında protuberantia mentalis ya da gnathion olarak bilinen belirgin bir çıkıntı mevcuttur. Üçgenin tabanındaki her iki köşede ise tuberculum mentale adı verilen küçük kabartılar gözlenir (Sobotta, 1997).

Mandibula ramusu, mandibula korpusundan yukarıya ve hafifçe arkaya doğru uzanan dikey yapıdır. Dış yüzeyi genellikle düzdür, ancak angulus mandibula yakınında musculus masseter'in yapışma alanı olan tuberositas masseterica bulunur. İç yüzeyde ise musculus pterygoideus medialis'in tutunduğu tuberositas pterygoidea yer alır. Bu yüzeyde ayrıca mandibular kanala açılan foramen mandibulae bulunur. Ramusun üst kısmında önde koronoid çıkıntı, arkada kondiler çıkıntı yer alır; bu iki yapı arasında incisura mandibulae adı verilen çentik bulunur (Sobotta, 1997).

Mandibular kondil, baş ve boyun olmak üzere iki bölümden meydana gelir. Kondil başı, anteroposterior yönde konveks bir yapı gösterirken, transvers planda bu konvekslik daha belirgindir. Yüzeyi fibrokartilaj dokusu ile kaplıdır ve TME'nin artiküler diskiyle eklemleşir. Kondil başının eklem yüzeyi anterior kısmından ziyade posteriora doğru uzanım göstermektedir. Kondil boynu, önden arkaya basık bir görünüme sahiptir ve aynı zamanda TME kapsülünün bağlanma noktalarını içerir. Boynun lateral yüzü, eklem lateral ligamenti için tutunma bölgesi olarak görev yapar. Ön yüzeyinde ise pürüzlü bir çöküntü yer alır; pterygoid fovea olarak adlandırılan bu alana lateral pterygoid kasın tendonu yapışır. Kondil başı ile koronoid çıkıntı arasında kalan çentikli yapıya ise mandibular ya da sigmoid çentik (notch) denir (Susal, 2009).

2.2. Temporomandibular Eklem (TME)

TME, dış kulak yolunun hemen önünde, temporal kemiğin glenoid fossası ile mandibula kondili arasında yer alan çift taraflı sinovyal bir eklemdir (Odabaş & Gündüz Arslan, 2008). TME, hem menteşe (ginglimus) hem de kayma (artrodia) hareketlerini gerçekleştirebildiği için ginglimoartrodial eklem olarak adlandırılır. Sağ ve sol TME, birlikte çalışarak bikondiler ve elipsoidal eklem özellikleri gösterir (Alomar et al., 2007).

2.2.1. TME Kemikli Bileşenleri

TME, kafatası ve mandibuladan gelen farklı kemik bileşenlerin bir araya gelmesiyle oluşan karmaşık bir yapıdır. Kafatasına bakan kısmı, temporal kemiğin skuamöz parçası tarafından şekillendirilen glenoid fossadır. Bu çukur, mandibula kondilinin eklemleştirdiği alanı oluşturur. Fossanın arka tarafında posterior eklem sırtı bulunur; onun hemen yanında yer alan postglenoid çıkıntı ise hem eklem anatomisine katkıda bulunur hem de dış kulak yolunun üst duvarının şekillenmesinde görev alır (Bordoni & Varacallo, 2023).

Mandibular tarafta eklem bileşeni, ramus mandibulae'ye dar bir boyun ile bağlanan elipsoid biçimli kondil başıdır. Kondil, mediolateral yönde yaklaşık 13–25 mm, anteroposterior yönde ise 6–16 mm arasında değişen ölçülere sahiptir. Eklem yüzeyi, dayanıklılığını artıran ince bir fibrokartilaj tabakası ile örtülüdür ve bu tabaka kondil başının ön yüzü boyunca mediolateral uzanan belirgin bir sırtla sınırlanır (Wilkie & Al-Ani, 2022).

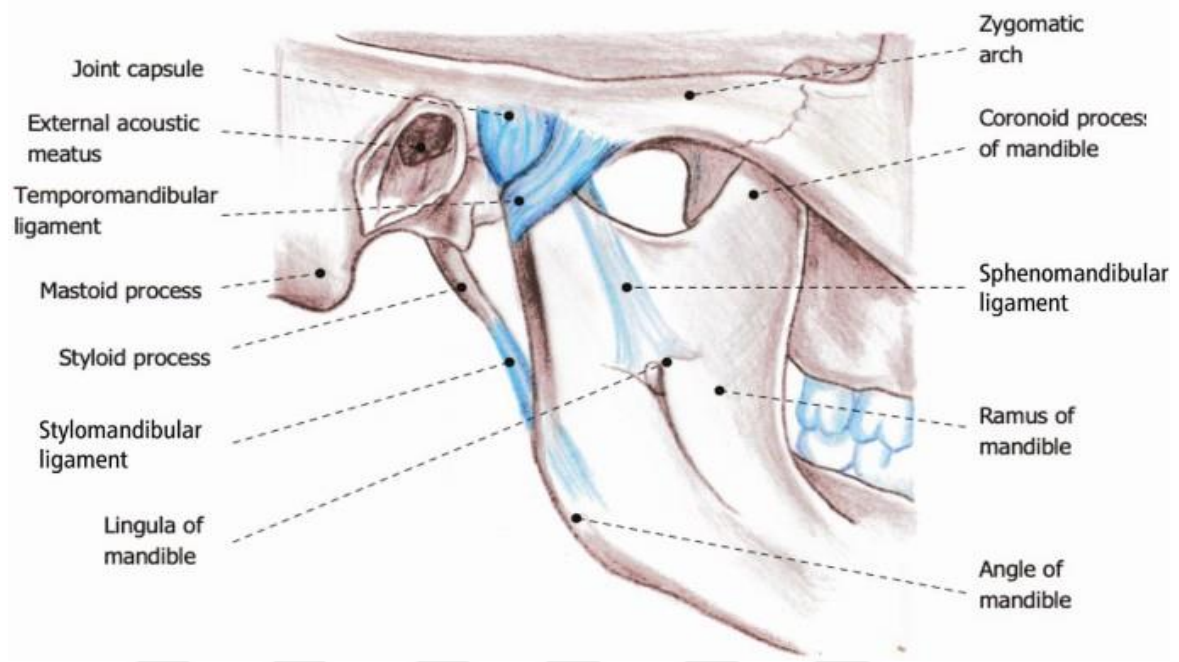
Temporal kemikte yer alan glenoid fossa ve öndeki eklem çıkıntısı, eklem kranial bileşenini oluşturur. Fossa ince tavanlı bir yapıya sahiptir, buna karşın eklem çıkıntısı daha kalın ve güçlüdür. Bu farklılık, yük taşıma işlevinin fossaya değil; eklem çıkıntısı ve eklem diski aracılığıyla sağlandığını ortaya koyar. Böylece çiğneme sırasında kondile aktarılan kuvvetler dayanıklı yapılarda absorbe edilir ve eklem fonksiyonel dengesi korunur (Ziad & Al-Ani, 2021).

2.2.2. TME'nin Eklem Kapsülü ve Ligamentleri

Eklem kapsülü, TME boşluğunu kapatan ve eklem diskini saran yoğun, lifli bir bağ dokusudur. Üstte glenoid fossa ve eklem çıkıntısının kenarına, altta ise kondil boynuna tutunarak eklem etrafında bir kılıf oluşturur (Ziad & Al-Ani, 2021). Eklem kapsülünün gevşek ve ince yapısı nedeniyle, eklem için yeterli destek sağlayamayacak kadar zayıftır; bu, kapsülün anterolateral kalınlaşmasından ve aksesuar bağlardan kaynaklanır (Wilkie & Al-Ani, 2022).

Temporomandibular ligamentler, TME'nin en güçlü ligament yapılarından biri olarak kabul edilir (Şekil 2.1) ve çoğunlukla eklem kapsülünün lateral yüzeyindeki kalınlaşma şeklinde tanımlanır. Bu ligament, temporal kemiğin eklem çıkıntısının dış yüzeyinden ve eklem tüberkülü bölgesinden başlar; daha sonra mandibula kondilinin boynunun arka kenarına uzanarak eklem kapsülüyle bütünleşir (Ziad & Al-Ani, 2021). Görevi sadece eklemi desteklemekle sınırlı değildir. Aynı zamanda mandibulanın öne ve arkaya doğru aşırı hareketlerini kısıtlar, böylece eklemin stabilitesini artırır. Ayrıca, karşı tarafta bulunan lateral ligamentin, mandibulanın yanlara doğru yer değiştirmesine karşı direnç gösterdiği düşünülmektedir (Wilkie & Al-Ani, 2022).

TME ile ilişkili yardımcı ligament arasında stilomandibular ligament, sfenomandibular ligament ve pterigopalatin raphe yer alır. Stilomandibular ligament, temporal kemiğin stiloid çıkıntısının ucundan başlar. Buradan ilerleyerek parotis bezinin iç yüzünden geçer ve mandibulanın arka kenarına ile angulus mandibulae bölgesine tutunur (Şekil 2.1). Yapısal olarak derin servikal fasyanın kalınlaşmış bir uzantısı şeklindedir ve eklemin doğrudan hareketlerini yönetmekten çok, mandibulaya ek destek sağlayan bir aksesuar ligament olarak işlev görür (Alomar et al., 2007). TME ile ilişkili son aksesuar ligament, Sfenomandibular ligamenttir. Bu ligament, mandibulanın lingulası ile sfenoid kemiğin spina ossis sphenoidalis adı verilen çıkıntısı arasında uzanarak bağlantı kurar. Yapısal olarak pterigoid fasyanın devamı niteliğindedir ve bir kısmı petrotimpanik fissüre doğru yönelir. Fonksiyonel açıdan sfenomandibular ligament, mandibulanın öne doğru aşırı hareket etmesini engelleyerek eklemin stabilitesini destekler. Bu nedenle, doğrudan hareketi yönlendirmese de mandibulanın kontrolsüz protrüzyonunu sınırlandıran önemli bir yardımcı ligament olarak kabul edilir (Loughner et al., 1997).



Şekil 2.1. TME Ligamentleri (Wilkie & Al-Ani, 2022).

2.2.3. Artiküler Disk

Artiküler disk, yapısal olarak fibrokartilajdan oluşur ve hücre dışı matriksi temel olarak kolajen lifleri, glikozaminoglikanlar ve proteoglikanlardan meydana gelir. Morfolojik olarak diskin genel görünümü literatürde ilk kez “okul çocuğunun sivri tepesi” şeklinde tanımlanmıştır (J & 1946, t.y.). Diskin üst yüzeyi posterior bölgede konkav olup mandibular kondili örtmektedir; anterior kısımda ise konveks bir uzantı gösterir. Ön bağlantıları, üstte eklem çıkıntısına, altta ise kondilin ön kenarına uzanır (Al, t.y.). Disk, medial ve lateral bölgelerde eklem kapsülüyle ve kondilin her iki kutbuyla birleşir (J & 1946, t.y.). Arka bağlantıları glenoid fossa ve skuamotimpanik fissüre, distal bağlantısı ise kondil boynuna uzanır. Bu bağlantılar, sırasıyla elastik ve fibröz özellik taşır (Al, t.y.).

Kondil, istirahat halinde posterior bandın üzerinde yer alır; ağız açıldığında öne kayarak ince orta bant üzerinden hareket eder ve ileri hareketlerde anterior bant devreye girer. Bu düzen, eklem hareketlerinin kontrollü gerçekleşmesini, kuvvetlerin dengeli dağıtılmasını ve eklem stabilitesinin korunmasını sağlar (Wilkie & Al-Ani, 2022).

2.2.4. Çiğneme Kasları

Çiğneme kasları, alt ve üst çenenin düzenli hareket etmesini sağlayan, senkronize şekilde kasılıp gevşeyen kas gruplarıdır (Alomar vd., 2007). Bu kaslar, yiyeceklerin öğütülmesini mümkün kılarken aynı zamanda konuşma fonksiyonuna da destek olur (EREN

& GÖRGÜN, 2016). Çiğneme fonksiyonunda görev alan dört ana kas grubu bulunur: masseter (yüzeysel ve derin liflerden oluşur), temporalis (anterior ve posterior lifler), medial pterygoid ve lateral pterygoid (superior ve inferior lifler). Bu kasların tamamı, trigeminal sinirin mandibular dalından çıkan sinirler aracılığıyla innerve edilir (Fehrenbach & Herring, 2015).

Fonksiyon açısından değerlendirildiğinde; masseter, temporalis ve medial pterygoid kasları mandibulayı yukarı kaldırarak çeneyi kapatır. Buna karşın, lateral pterygoid kas çeneyi açan tek kastır. Ayrıca bu kas, mandibulanın öne doğru hareketini ve yanlara kaymasını sağlayarak çiğneme hareketlerinin çeşitliliğini artırır (Alomar et al., 2007).

2.2.4.1. Masseter Kası

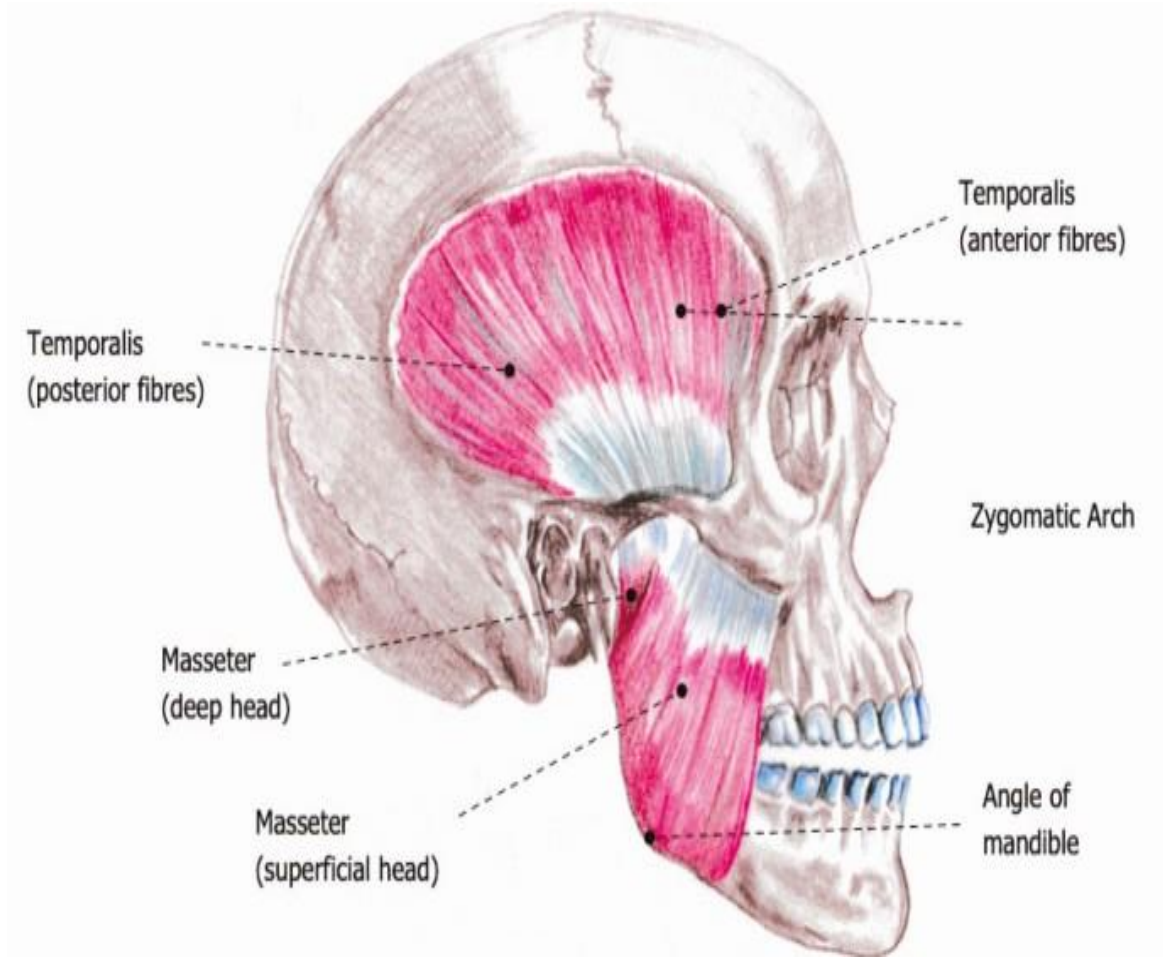
Masseter kası, çiğneme sisteminin en güçlü ve en belirgin kasıdır (Şekil 2.2) (Alomar vd., 2007). Zigomatik arkın ön üçte ikisinden başlar, aşağıya ve geriye doğru uzanarak mandibula açısının lateral yüzeyine tutunur. İki ayrı baştan oluşur: yüzeysel baş, mandibulayı yukarı kaldırmanın yanı sıra öne doğru hareket ettiren lifler içerirken; derin baş, yine çeneyi kaldırır fakat arka yönelimli lifleri sayesinde mandibulanın geriye çekilmesine de katkı sağlar. Bu kasın yapısı, çok sayıda tendinöz septa ile desteklenmiş multipennate bir düzen gösterir. Bu morfoloji, kas liflerinin bağlanma yüzeyini genişleterek uygulayabileceği kuvveti belirgin biçimde artırır. Dolayısıyla masseter, yalnızca çiğneme hareketlerinin ana kası değil, aynı zamanda mandibulanın en güçlü motor kontrol elemanıdır (Wilkie & Al-Ani, 2022).

2.2.4.2. Temporal Kas

Çiğneme kaslarının en büyüğü, kafatasının lateral yüzeyindeki temporal fossadan ve üzerindeki temporal fasyadan kaynaklanan yelpaze şeklinde olan kas temporalis kasıdır (Şekil 2.2). Arka lifler yatay olarak öne doğru uzanırken, ön lifler dikey olarak aşağıya, zigomatik arkın medialinde uzanarak mandibulanın koronoid çıkıntısına tutunur (Alomar et al., 2007; Wilkie & Al-Ani, 2022). Lifleri yönelimlerine göre üç bölüme ayrılır. Ön lifler dikey uzanır ve kasıldığında mandibulayı yukarı kaldırır. Medial lifler oblik yönde ilerleyerek mandibulayı hem yukarı hem de geriye hareket ettirir. Arka lifler ise yatay doğrultuda seyreder ve kasıldığında mandibulayı geriye çeker (Okeson, t.y.).

Temporalis kası masseter kası gibi multipennate yapıya sahip olan liflerin tümü, mandibuladaki tutunma noktasına uzanan merkezi bir tendonda birleşir. Temporaliste kas

lifli yöneliminin geniş yelpaze şeklinde olması nedeniyle, kasın işlevi iki yönlüdür. Dikey yönelimli ön lifler mandibulayı yükseltir; arkada lif yönelimi daha eğik hale gelir ve arka liflerin çoğu neredeyse yataydır ve mandibulayı konsantrik olarak geri çeker (Ziad & Al-Ani, 2021).



Şekil 2.2. *Temporalis ve Masseter Kasları* (Wilkie & Al-Ani, 2022)

2.2.4.3. Medial Pterygoid Kas

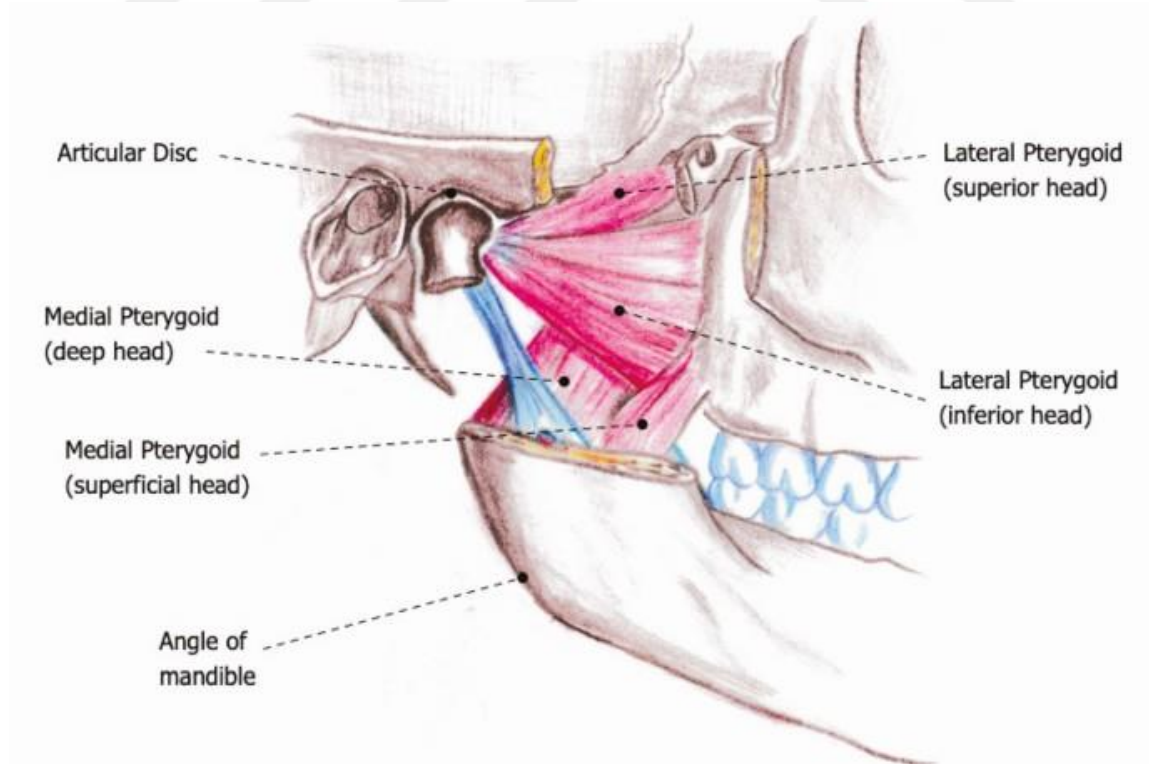
Medial pterygoid kas, pterygoid fossadan köken alarak mandibula angulusunun iç yüzeyi boyunca aşağıya doğru uzanır ve bu bölgeye tutunur (Şekil 2.3). Kas her iki tarafta aynı anda kasıldığında mandibulayı yukarı kaldırarak çeneyi kapatma hareketine katkı sağlar. Tek taraflı kasıldığında mandibulaya mediotrüziv yani içe doğru kayma hareketi yaptırır. Ayrıca, kasın yönelimi nedeniyle mandibulanın öne hareketinde (protrüzyon) de aktif rol oynar (Okeson, t.y.).

2.2.4.4. Lateral Pterygoid Kas

Lateral pterygoid kas (Şekil 2.3), çiğneme kasları arasında yer alan ve anatomisi ile fonksiyonları literatürde sıklıkla tartışılan bir yapıdır. Genel olarak superior (üst) ve inferior (alt) karın olmak üzere iki ayrı bölümden oluştuğu kabul edilir (Al, t.y.).

Elektromiyografi çalışmalarındaki fonksiyonel farklılıklar nedeniyle bu iki bölüm çoğu kaynakta ayrı kaslar olarak değerlendirilmiştir (Grant, 1973). İnferior karın, kasın büyük kısmını oluşturur ve lateral pterygoid plağın dış yüzeyinden başlayarak mandibulanın kondil çıkıntısındaki pterygoid fossaya tutunur. Superior karın ise sfenoid kemiğin büyük kanadının infratemporal yüzeyinden başlar (Al, t.y.). Superior karın artiküler diskin ön yüzüne ve eklem kapsülünün ön kısmına lifler gönderdiği gözlenmiştir (Schmolke, 1994).

Fonksiyonel olarak, inferior karın mandibular depresyon, protrüzyon ve lateral hareketlerden sorumludur (McNamara, 1973). Superior karın ise mandibular kapanma, retraksiyon ve interkusal sıkışma sırasında aktif rol oynar (Wood, 1987). Kasın bilateral kasılması ağız açılması ve mandibular protrüzyon sağlarken, tek taraflı kasılması ipsilateral kondilin öne itilmesine ve mandibulanın karşı taraftaki kondil etrafında rotasyon yapmasına neden olur (Davies, 2022).



Şekil 2.3. Medial ve Lateral Pterigoid Kasları (Wilkie & Al-Ani, 2022)

2.3. Mandibula Kırıklarının Biyomekaniği

Mandibula genellikle sert ve kolayca şekil değiştirmeyen bir kemik olarak kabul edilir. Ancak dışarıdan gelen kuvvetler sonucunda bu yapıda gerilimler ve stresler ortaya çıkar. Ortaya çıkan bu mekanik yüklenmelerin düzeyi ve dağılımı, uygulanan kuvvetin niteliğine, mandibulanın yapısal özelliklerine, geometrisine ve kemik dokusunun yoğunluğuna bağlıdır. Mandibulanın biyomekaniğini anlamak hem fonksiyonel hem de klinik açıdan önemlidir. Çünkü dışsal etkenlerin kemik şekillenmesi ve yeniden yapılanmasında belirleyici rol oynadığı bilinmektedir. Bu nedenle diş kayıpları, ortodontik tedaviler, dental implant uygulamaları ve rekonstrüktif cerrahi gibi klinik girişimler mandibulanın yüklenme paternini değiştirebilir. Bu değişiklikler de kemiğin mimarisini ve yapısal özelliklerini doğrudan etkileyebilir (Hammond vd., 2016).

Mandibula, biyomekanik açıdan incelendiğinde işlev sırasında sınıf III kaldırma mekanizması gibi çalışmaktadır. Ellis ve arkadaşlarının yaptığı araştırmada, oklüzal kuvvetlerin etkisi ile TME arasındaki ilişkinin, mandibulanın sınıf III kaldırma prensibine uygun hareket ettiğini gösterdiği belirtilmiştir (Ellis & Throckmorton, 2005). Kuvvetin bu şekilde iletilmesi, mandibular kondilin kemiğin zayıf noktalarından biri olduğunu göstermektedir. Kondil bölgesinde oluşan kırıklar çoğunlukla karşı taraftaki parasimfiz bölgesine yönelen doğrudan darbeler sonucu ortaya çıkan gerilimin etkisiyle gelişmektedir (Walker & MacLeod, 2017).

Mandibula, longitudinal yönde daha serttir ve bu yöndeki elastik modül, bukkolingual ve süpero-inferior yönlerle kıyasla belirgin şekilde daha yüksektir. Yan yönlerdeki elastik modül, longitudinalin yaklaşık %40-70'i düzeyindedir ve birbirine benzerdir. Bu nedenle mandibula, özellikle sagittal yöndeki bükülmelere karşı daha dayanıklıdır. Mandibulanın ön bölümünde (simfizis, parasimfizis ve korpus) görülen kırıklar yalnızca tübüler kemik modeliyle açıklanamaz; bu bölgelerdeki diş kökleri, mandibular kanal, mental foramen ve kas tutunma alanları kırık oluşumunu etkiler. Arka segment ve angulus kırıkları ise kesitsel alan özellikleriyle ilişkilidir. Subkondiler kırıklar genellikle sigmoid çentikten başlayıp ramusun arka sınırına oblik bir hatla ilerler. Daha proksimalde yer alan kondil kırıkları eklem boşluğuna kadar ulaşabilir. Benzer şekilde, koronoid proses kırıklarının yer değiştirmesi de temporalis kasının tutunma noktası sayesinde kısıtlanır (Hammond vd., 2016).

2.4. Mandibula Kırıklarının Etiyolojisi

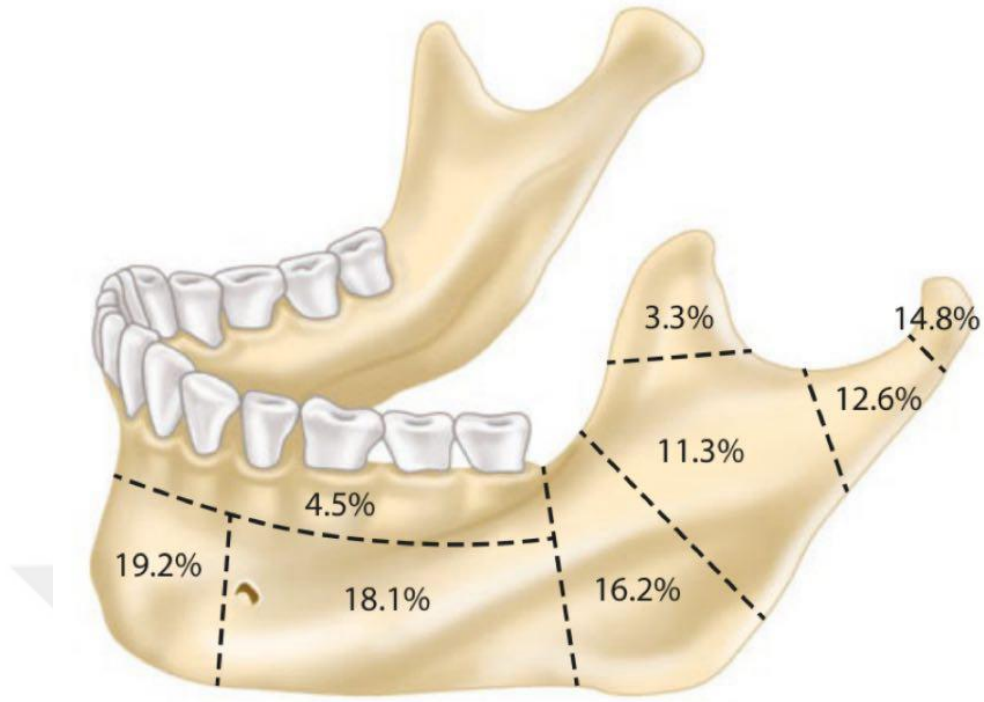
Araştırmalar, mandibula kırıklarının etiyolojisinin toplumların sosyoekonomik düzeyleri, kültürel yapıları ve coğrafi konumlarına göre farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. En sık görülen nedenler; trafik kazaları, kişiler arası şiddet, düşmeler ve spor yaralanmalarıdır. Sanayileşmiş ve gelişmiş ülkelerde elde edilen veriler, mandibula kırıklarının sıklıkla çoklu kırıklar, ciddi yüz kemik kırıkları ve komşu organ yaralanmalarıyla birlikte görüldüğünü göstermektedir (Al-Dajani vd., 2015). Bunun dışında iş kazaları, ateşli silah yaralanmaları ve patolojik süreçler de mandibula kırıklarının oluşumunda rol oynayan diğer faktörlerdir. Literatürdeki bulgulara göre mandibula kırıklarının %75'ten fazlası trafik kazaları ve darp olayları sonucu ortaya çıkarken, yaklaşık %7'si iş kazaları, %7'si düşmeler ve %4'ü spor yaralanmaları ile ilişkilidir (Eriş Derkuş, 2022).

Mandibula kırıkları, etiyolojik faktörlerden bağımsız olarak, temelde travmatik kuvvetlerin etkisiyle ortaya çıkar ve bu kuvvetler üç ana grupta incelenir:

- Hareketsiz bir kişiye hareket halindeki bir cismin çarpması,
- Hareket eden bir kişinin sabit bir nesneye çarpması,
- Her iki unsurun hareketli olduğu kombine çarpışmalar.

Epidemiyolojik veriler mandibula kırıklarının kadınlara oranla erkeklerde daha sık görüldüğünü göstermektedir. Ayrıca bu kırıkların daha çok genç erişkinlerde ortaya çıktığı, özellikle 20–40 yaş aralığındaki bireylerde yaygın olduğu bildirilmektedir (Eriş Derkuş, 2022).

Mandibula kırıklarının anatomik sıralaması şu şekildeydi (Şekil 2.4); gövde (%18,1), angulus (%16,2), subkondiler ve kondil (%27,14), simfiz (%19,2), ramus 14 (%11,3), alveoler (%4,5) ve koronoid proses (%3,3) (Milorio vd., 2022).



Şekil 2.4. Mandibula kırıklarının anatomik bölgeleri (Miloró vd., 2022).

Mandibula kondil kırıklarının etiyolojisi ise; zamanla sosyoekonomik koşullar, kültürel dinamikler ve bireylerin davranış biçimlerindeki değişimler, mandibula kırıklarının etiyolojisini de etkilemektedir. Günümüzde Amerika Birleşik Devletleri'nde mandibula kırıklarının en önemli nedenleri motorlu araç kazaları ve kişiler arası şiddet olaylarıdır. Literatürde yer alan verilere göre kondil kırıkları, tüm mandibula kırıklarının yaklaşık %25–35'ini oluşturmaktadır (Leonhardt & Franke, 2020). Literatürde yer alan ilk çalışmalar mandibular kondil kırıklarının görülme oranını %8 olarak bildirirken, daha sonraki araştırmalarda bu oranın %76'ya kadar çıktığı ifade edilmiştir. Kesin oranlar farklılık gösterse de mandibular kondil kırıklarının oldukça yaygın olduğu kabul edilmektedir (Larsen & Nielsen, 1976).

Mandibulanın en zayıf bölgesi kondil boynu olduğundan, mandibulaya gelen kuvvetler genellikle bu bölgede kırığa neden olmaktadır. Ayrıca bu fizyopatolojik mekanizma sayesinde travmatik kuvvetin kraniyuma iletilmesi de engellenmiş olur. Bu özellik, kondil kırıklarının yüksek görülme oranını açıklayan önemli bir faktördür (Menon & Sinha, 2008).

2.5. Kondil Kırıkları

Sınıflandırma, vakaların derlenmesi ve bildirilmesi ve uygun bir tedavi protokolünün belirlenebilmesi açısından çokça önemlidir fakat kondil kırıkları anatomik yapısı, anatomik komşulukları, oluşum mekanizması ve ilişkili yaralanmaları nedeniyle fazlasıyla karışık bir yapı göstermektedir ve bu nedenle sınıflandırma konusunda da birden çok görüş bulunmaktadır. Ayrıca bu sayılan nedenlerden dolayı da diğer çene yüz bölgesi yaralanmalarından farklı bir sınıflandırma gerektirmektedir. Genel olarak bu sınıflandırmalar; kırığın seviyesine, kırık parçalarının birbirlerine göre olan ilişkisine ve kondil başının eklem boşluğuna göre olan konumuna göre yapılmıştır. Günümüzde en çok kabul gören sınıflandırmalar şunlardır;

2.5.1. Kondil Kırıklarının Sınıflandırılması

Lindahl Sınıflaması (1977);

Kırığın lokalizasyonuna göre;

a) Kondil Başı Kırığı: Kondil başı, kondilin ön kısmının hemen altından başlayıp posterior kısmının 5 mm altında sonlanan iki noktayı birleştiren çizginin üzerinde kalan kısımdır, yani kondilin tüm superior yapısını içerir. Aynı zamanda intrakapsüler kırıklar olarak da adlandırılır. Diğer kırıklara oranla daha az görülür. Bunun nedeni anatomik yapısı ve teşhisinin daha zor olmasıdır. Diğer kondil başı kırıklarının spesifik kırıkları; frontal, kompresyon ve parçalı kırıklar olarak sınıflandırılabilir.

b) Kondil Boynu Kırığı: Kondil başının altında kalan ince kısımda oluşan kırık.

c) Subkondiler Kırık: Sigmoid çentiğin en derin noktası ile mandibula arka sınırının en konkav kısmının en derin noktasını birleştiren çizgide oluşan kırıklardır.

Bazı yazarlar bu kırıkları ayrıca “düşük seviyeli” ve “yüksek seviyeli” olarak 2’ye ayırmaktadırlar.

Kondiler parçanın mandibulaya göre konumuna göre;

a) Deplasman Göstermeyen Kırık: Kırık hatlarının devamlılığında bozulma olmayan kırık

b) Deviye Kırık: Kondiler parça ile mandibular distal segment arasında kırık hattında dar bir açı oluşmuştur. Kırık parçaları hala temas halindedir ve parçalar üst üste binmemiştir.

c) Medial ya da Lateral Deplasman Gösteren Kırık: Kırık proksimal kondiler parçanın ucu, mandibular distal segmentin proksimal ucuna göre mediale ya da laterale

doğru hareket etmiştir. Kapsülün yapısı ve lateral pterigoid kasın çekim kuvveti ile mediale deplase kırık daha sık görülmektedir.

d) Anterior ya da Posterior Deplasman Gösteren Kırık: Kırık proksimal kondiler parçanın ucu, mandibular distal segmentin proksimal ucuna göre anteriora ya da posteriora doğru hareket etmiştir. Oldukça nadir görülür.

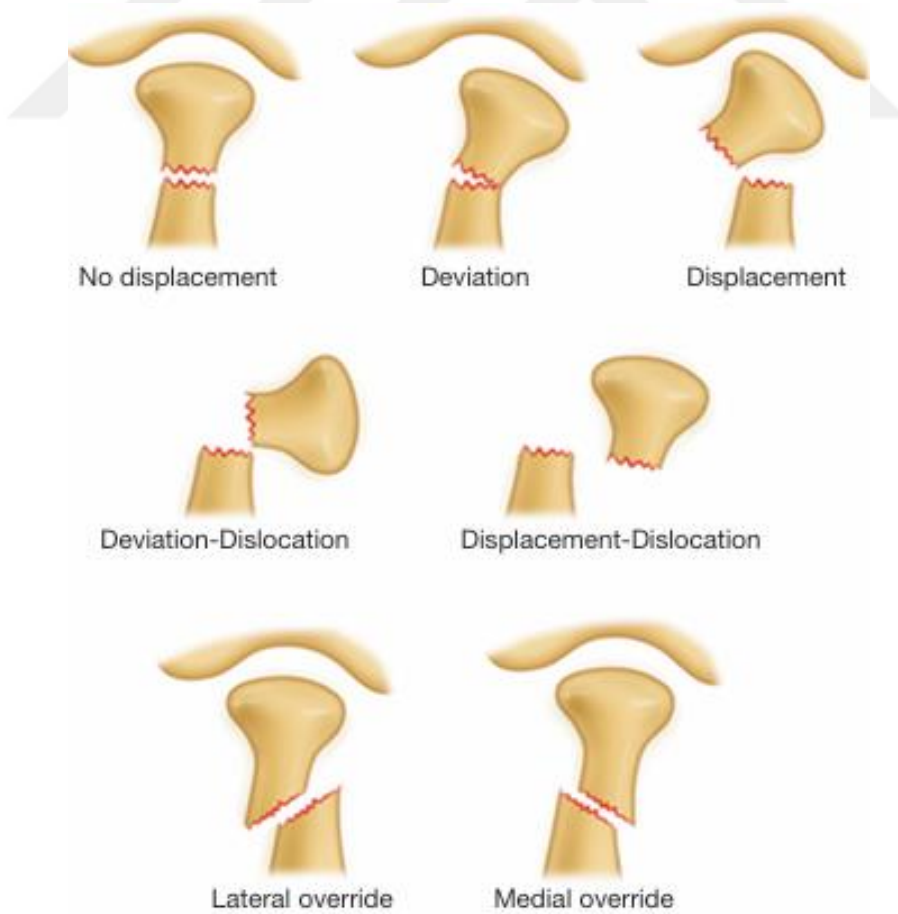
e) Fragmanlar Arasında Temas Bulunmayan Kırık.

Kondiler parçanın glenoid fossaya göre konumuna göre:

a) Deplase Olmayan Kırık: Kondil başı glenoid fossada normal konumundadır.

b) Deplase Kırık: Kondil başı hala glenoid fossadadır ancak eklem boşluğu aralanmıştır.

c) Disloke Kırık: Kondil başı tamamen glenoid fossanın dışındadır. Eklem kapsülü zarar görmüştür. Kapsülün lateral kısmının kalın olmasından dolayı genellikle kapsülün medial kısmı hasar görür, buna lateral pterigoid kasın çekme kuvveti de eklenince antero-mediale dislokasyon gerçekleşir. En sık görülen disloke kırıklardır (Lindahl 1977).



Şekil 2.5. Lindahl'ın kondil kırık sınıflaması (Naeem vd., 2017).

MacLennan kondil kırığı sınıflaması

MacLennan tarafından 1969 yılında önerilen sınıflama, daha sade yapısı ve pratik uygulama kolaylığı nedeniyle günümüzde hâlen yaygın olarak kullanılan sistemlerden biridir. Bu sınıflama kondil kırıklarını dört ana grupta ele almaktadır:

Sınıf I – Deplase Olmamış Kırık: Kırık hattı olmasına rağmen kemik parçaları yerinde kalmıştır, herhangi bir açılanma veya yer değiştirme söz konusu değildir.

Sınıf II – Deviye Kırık: Kırık segmentleri arasında ayrılma veya üst üste binme bulunmaz. Hafif derecede açılanma görülebilir. Bu tip kırıklar genellikle “yaş ağaç kırığı” şeklinde tarif edilmektedir.

Sınıf III – Deplase Kırık: Kırık parçaları birbiri üzerine kayarak üst üste binmiştir. Bu kayma; medial, lateral, anterior veya posterior yönde olabilir. Ancak, lateral pterygoid kasın çekme etkisi nedeniyle en sık mediale doğru deplasman görülür.

Sınıf IV – Disloke Kırık: Kondil başı tamamen glenoid fossadan ayrılmıştır ve bu durumda eklem kapsülü de hasar görmüştür. Dislokasyon; medial, lateral, anterior veya posterior yönlerde gelişebilir (MacLennan, 1969).

2.5.2. Mandibula Kondil Kırıklarının Tanısı

Mandibula kondil kırıkları ve TME yaralanmalarının doğru şekilde teşhis edilmesi ve uygun tedavi planının yapılabilmesi için kapsamlı bir muayene zorunludur. Bu değerlendirme hem klinik muayene hem de radyolojik incelemeleri içermelidir. Maksillofasiyal travma ile başvuran bir hastada, kondil kırığına yönelik herhangi bir girişim yapılmadan önce hastanın hemodinamik olarak stabil hale getirilmesi öncelikli basamaktır (Stewart et al., 2022).

2.5.2.1. Klinik Muayene

İnspeksiyon: Eklem bölgesinde meydana gelen travmalarda yumuşak dokuların durumu dikkatle değerlendirilmelidir. Özellikle eklem boşluğu içerisinde perforasyon olup olmadığı kontrol edilmeli, bu amaçla ayrıntılı bir muayene yapılmalıdır. Dış kulak yolunun incelenmesi de büyük önem taşır; zira burada saptanan kanama, dış kulak yolunun ön duvarında kırık olduğunu ve eklem yaralanmasının perforasyon ile seyrettiğini gösterebilir (Jones & Van Sickels, 1991). Sagittal planda ortaya çıkan asimetrisi ise genellikle eklem çevresinde gelişen şişliklerin gözlemlenmesiyle anlaşılabilir. Bu tür şişlikler, kondil fragmanının yer değiştirdiğinin ya da dislokasyon oluştuğunun klinik göstergesi olabilir.

Ayrıca mandibulanın orta hattaki konumunda ortaya çıkan kaymalar, maksiller orta hattın referans alınmasıyla değerlendirilir ve mandibulanın yer değiştirmesini işaret eder. Bu nedenle hem yumuşak dokuların hem de orta hat uyumunun dikkatle incelenmesi, kondil kırıklarının tanısında kritik rol oynamaktadır (Defabianis, 2003).

Oklüzyon Kontrolü: Eklem bölgesinde deplasman olup olmadığını belirlemenin en güvenilir yolu, oklüzyonda meydana gelen bozulmaların değerlendirilmesidir. Yeterli sayıda diş mevcutsa, hastanın travma öncesindeki kapanışı ile mevcut ısırma pozisyonu doğru şekilde karşılaştırılarak malpozisyon kolaylıkla tespit edilebilir. Kondil kırıklarında mandibula genellikle kırığın bulunduğu tarafa deviye olur. Bu durum, kırık tarafında erken temasların ortaya çıkmasına ve ön dişler bölgesinde açık kapanış (open bite) oluşmasına neden olur. Bu klinik bulgu, kondil kırıklarının teşhisinde önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir (Defabianis, 2003).

Fonksiyonların Değerlendirilmesi: Eklem fonksiyonundaki bozukluklar, çeşitli klinik bulgularla anlaşılabilir. Maksimum ağız açmada interinsizal mesafenin ölçülmesi, fonksiyon sırasında sürtünme ya da çıtırtı benzeri seslerin duyulması, eklem bölgesi veya dış kulak yolundan palpasyonla mandibula hareketi sırasında krepitasyon hissedilmesi bu bulgular arasındadır. Ayrıca ağız açma sırasında lateral deviasyonun gözlenmesi, kapama esnasında ani yön değişikliklerinin olması ve fonksiyon sırasında hastanın ifade ettiği subjektif şikâyetler de eklem fonksiyon anomalilerinin tespitinde önemli kriterlerdir (Defabianis, 2003).

2.5.2.2. Görüntüleme Yöntemleri ile Değerlendirme

Direkt Radyografi: Klinik değerlendirme sonrasında patolojik bir durumdan şüphelenildiğinde, TME görüntülenmesi için ilk basamakta direkt radyografik yöntemlerin tercih edilmesi önerilmektedir. Direkt radyografilerin yaygın kullanımının başlıca nedenleri; kolay uygulanabilir olmaları, düşük radyasyon dozuna sahip olmaları, birçok anatomik yapıyı tek planda gösterebilmeleri ve düşük maliyetli olmalarıdır. Ancak bu yöntemler, ayrıntılı anatomik bilgi sağlamakta ve spesifik tanıya ulaşmada sınırlı kalabilmektedir. Yumuşak doku yapıları hakkında doğrudan bilgi vermemekle birlikte, TME gelişim anomalilerinin, travma veya artrite bağlı kemik hasarlarının belirlenmesine katkı sağlar.

TME kemik anatomisini değerlendirmek için üç temel radyografik projeksiyon kullanılmaktadır:

- **Lateral Transkraniyal Projeksiyon:** En sık kullanılan yöntemdir. Kondil boynu tam olarak görülemez, yalnızca kondilin lateral 1/2 veya 1/3'ü ile artiküler fossanın yüzeyleri izlenebilir. Bu bölge, fonksiyonel sert doku değişikliklerinin en sık saptandığı alan olduğundan klinik açıdan önemlidir.
- **Transfaringeal Projeksiyon:** Eklem boynunun net şekilde görüntülenmesine imkân tanır ve özellikle travmaya bağlı kırıkların değerlendirilmesinde değerli bir tekniktir.
- **Transorbital Projeksiyon:** TME'nin antero-posterior yönde incelenmesini sağlar ve eklem farklı açılardan değerlendirilmesine katkı sunar (Akar vd., t.y.).

Sefalometrik Radyografi: Posteroanterior (PA) sefalogramlar, mandibular yer değiştirmelerin belirlenmesinde yararlı bir yöntem olarak görülmektedir (Akar vd., t.y.).

Panoramik Radyografi: Modifiye edilmiş tomografi tekniği, tek bir film üzerinde hem maksilla hem de mandibulanın birlikte incelenmesine imkân tanır. Bu yöntemle çenenin simetrisi, dişler, sinüsler ve temporomandibular eklem hakkında önemli veriler elde edilebilir. Ayrıca kemik ve dişlerdeki yapısal bozukluklar düşük radyasyonla güvenilir bir şekilde gözlemlenebilir. Ancak eklem yalnızca tek bir düzlemde görüntülediğinden, mandibular fossa ve artiküler eminens yeterli ayrıntıyla değerlendirilemez. Panoramik radyografi teknikleri de ilgili anatomik yapıların şekli, konumu ve hacmi hakkında kesin bilgi vermekte yetersiz kalmaktadır. Bununla birlikte sefalometrik ve panoramik radyografiler; sagittal düzlemde temporomandibular eklem ile ilişkili asimetrielerin, kondillerin şekil ve hacim farklılıklarının, artiküler eminensin yüksekliği ve eğimindeki değişimlerin ve kondillerin glenoid fossa içindeki pozisyonlarının saptanmasında sınırlı bir tanısallık değer taşımaktadır (Akar vd., t.y.).

Artrografi: TME yumuşak doku bozukluklarını, disk pozisyonunu, disk perforasyonlarını ve posterior bağlantıların durumunu incelemek için, lokal anestezi altında eklem içine radyoopak madde enjekte edilerek lateral transkraniyal ya da tomografik görüntüler alınabilmektedir. Bu yöntem özellikle manyetik rezonans görüntülemenin yetersiz kaldığı durumlarda tercih edilmektedir. Avantajları arasında dinamik değerlendirme imkânı sunması, eklem hareketlerinde iyileşme ve ağrı azalmasına katkı sağlaması ile disk perforasyonlarının tespitinde yüksek duyarlılığa sahip olması sayılabilir. Ancak yüksek radyasyon dozu içermesi, uygulamanın ağrılı ve teknik olarak zor olması, kontrast sıvının eklem üzerine olası olumsuz etkileri, alerjik reaksiyon riski ve enfeksiyon varlığında uygulanamaması gibi ciddi dezavantajları da bulunmaktadır (Akar vd., t.y.).

Konvansiyonel Tomografi: Görüntüleme, film ve X-ray kaynağının eş zamanlı hareketiyle elde edilir. Eklem boyunca kondilin uzun eksenine paralel veya dik kesitler alınarak mediolateral ya da anteroposterior görünümle oluşturulabilir. Bu yöntem, eklem anatomisinin 0,5–10 mm kalınlığında detaylı olarak incelenmesine imkân tanır. Kemik yüzeylerinin net bir şekilde görüntülenebilmesi en önemli avantajı olsa da, mevcut anomalilerin konvansiyonel radyografilerdeki kadar açık seçik ortaya konulamaması bir sınırlılık oluşturmaktadır. Ayrıca uygulama zorluğu, yüksek radyasyon maruziyeti ve maliyetli oluşu yönteminin başlıca dezavantajlarıdır (Raustia vd., 1990).

Bilgisayarlı Tomografi (BT): Hasta sabit bir masa üzerinde yatarken, vücudun belirlenen düzlemlerine (çoğunlukla aksiyal) ince bir X-ışını demeti gönderilir ve dokuların farklı yoğunlukları sayesinde kesit görüntüsü elde edilir. Yeni bir kesit istenildiğinde masa cihazın içine doğru ilerletilir. 1–13 mm kalınlığındaki aksiyel BT kesitlerinden elde edilen veriler, bilgisayar aracılığıyla sagittal, frontal veya aksiyal düzlemlerde yeniden şekillendirilir. Bu sayede elde edilen kesitsel görüntüler filme aktarılabilceği gibi gerektiğinde tekrar inceleme amacıyla optik disklerde saklanabilir. Bilgisayarlı tomografinin TME patolojilerinde temel kullanım alanı, kemik yapıların ve yoğunluk değişimlerinin değerlendirilmesidir. Özellikle travmalar veya sert dokuların dejeneratif bozukluklarında tercih edilir. Konvansiyonel tomografiye göre daha düşük dozda radyasyon içerir ve doku yoğunluklarındaki farklılıkları çok daha hassas şekilde ortaya koyar (Costa e Silva vd., 2003).

2.5.3. Mandibular Kondil Kırıklarının Tedavisi

Kondil kırıklarının tedavisinde temel hedef, öncelikle TME fonksiyonlarının yeniden sağlanmasıdır. Bunun yanında kırık fragmanlarının doğru pozisyona getirilmesi, oklüzyonun düzeltilmesi ve maksillofasiyal bölgede simetrinin korunması amaçlanır (Eulert et al., 2007; Villarreal et al., 2004).

Kondil kırıkları, geleneksel olarak kapalı redüksiyon ya da açık redüksiyon yöntemleriyle tedavi edilmektedir. Hangi yöntem tercih edilirse edilsin, Walker (1988) kondil kırık tedavisinde başarı ölçütlerini şu şekilde tanımlamıştır:

- Ağrısız şekilde en az 40 mm ağız açıklığının sağlanması,
- Çenenin tüm yönlerde serbest hareket edebilmesi,
- Travma öncesi oklüzyonun yeniden oluşturulması,
- TME'nin stabilitesinin korunması,

- Çene ve yüz bölgesinde estetik ve fonksiyonel simetrinin sağlanması.

Tedavi planını şekillendiren unsurlar arasında kırığın lokalizasyonu, kondil boynunda bulunduğu seviye, kırık parçalarının yer değiştirme yönü ve derecesi, hastanın yaşı, mevcut oklüzyon durumu, ayrıca bireyin sosyoekonomik koşulları ve genel sağlık durumu önemli rol oynamaktadır (Villarreal et al., 2004).

Literatür incelendiğinde, erişkin bireylerde kondil kırıklarının tedavisinde üç temel yaklaşımın öne çıktığı görülmektedir:

- İntermaksiller fiksasyon (İMF) sonrasında uygulanan fonksiyonel tedavi,
- İMF kullanılmadan gerçekleştirilen fonksiyonel tedavi,
- Açık redüksiyon, ki bu yöntem hem İMF uygulanan hem de uygulanmayan olguları kapsamaktadır.

Bu tedavi seçeneklerinden ilk iki yöntem, kapalı redüksiyon teknikleri içerisinde değerlendirilmektedir (Ellis & Throckmorton, 2005).

Tedavi yönteminin seçiminde; kırığın bulunduğu seviye, fragmanlarda mevcut olan deplasmanın yönü ve boyutu, hastanın yaşı ve genel sağlık durumu, eşlik eden diğer kırıkların varlığı, oklüzyonun durumu ve cerrahın deneyimi gibi birçok faktör belirleyici rol oynamaktadır (Villarreal vd., 2004). Kırık hattının konumu, tedavi yönteminin belirlenmesinde en kritik unsurlardan biridir. Oklüzyonun korunmuş olduğu düşük seviyeli subkondiler kırıklar kapalı redüksiyon ile tedavi edildiğinde başarılı sonuçlar elde edilebilirken; kondil boynu kırıklarında kondil başının öne, aşağıya ve içe doğru yer değiştirmesi dikey boyutun azalmasına yol açmaktadır (Assael, 2003).

Villareal ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, kondil kırıklarında tedavi yönteminin seçiminde en belirleyici unsurun kırığın seviyesi ve parçaların deplasman derecesi olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, kondil başı kırıklarının kapalı redüksiyon ile tedavi edilmesi gerektiğini, açık redüksiyonun ise yalnızca erişkin hastalarda redüksiyonun sağlanamadığı durumlarda tercih edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir (Villarreal et al., 2004).

Tedavi yönteminin belirlenmesinde etkili olan bir diğer önemli unsur hastanın yaşıdır. Özellikle 0–14 yaş arasındaki çocuklarda kondil kırıklarında, mandibula kırıkları içinde en çok karşılaşılan tip olarak bildirilmektedir (Luhr, 1998). Pediatrik olgularda kondil kırıklarının yönetiminde genellikle kapalı redüksiyon, yani konservatif tedavi yaklaşımı tercih edilmektedir. Bu yöntem, büyüme potansiyelinin korunması ve eklem fonksiyonlarının doğal iyileşme süreciyle yeniden kazanılabilmesi açısından önerilmektedir (Assael, 2003; Brandt & Haug, 2003).

Tedavi yönteminin belirlenmesinde etkili olan bir diğer unsur ise oklüzyon ve dişlerin mevcut durumudur. Oklüzyondaki tüberkül derinliği ile çalışan ve dengeleyen tarafta bulunan temaslar hem fonksiyonel hem de dental sonuçları doğrudan etkilemektedir. Özellikle oklüzal düzlemi düz olan bireylerde open-bite gelişme olasılığı daha yüksek olduğundan, bu hastalarda kapalı redüksiyonla tedavi uygulamak oldukça güçleşmektedir (Assael, 2003).

2.5.3.1. Kondil Kırıklarında Kapalı Redüksiyon

Arch barlar, splintler, vidalar ya da braketler kullanılarak IMF ile kırık hattında stabilizasyonun sağlandığı tedavi yöntemidir (Yıldız, 2022). Konservatif tedavinin günümüzde hâlâ tercih edilmesinin temel nedenlerinden biri, cerrahi müdahale sonrası gelişebilecek komplikasyonların önlenmek istenmesidir. IMF ile yapılan tedaviler sayesinde kondile yönelik ekstraoral yaklaşımlarda ortaya çıkabilecek fasiyal sinir yaralanmaları ve ciltte kalıcı skar oluşumu engellenmiş olur (Assael, 2003). Konservatif tedavi yöntemleri kırıkların iyileşmesinde başarılı sonuçlar sunsa da hastanın yaşam konforunun azalması ve TME fonksiyonlarının uzun süre kısıtlanması bu yaklaşımın tartışmalı olmasına yol açmıştır. Bu sınırlılıklar, açık redüksiyon tekniklerinin geliştirilmesi ve uygulanmasına zemin hazırlamıştır (Ellis & Dean, 1993).

2.5.3.2. Kondil Kırıklarında Açık Redüksiyon

Cerrahi yöntemle kırık bölgesine doğrudan ulaşarak, farklı osteosentez teknikleri yardımıyla kırık parçalarının sabitlenmesi ve stabilizasyonu sağlanır (Ellis & Dean, 1993). Kırık fragmanları redükte edilerek, Kirsner telleri, miniplak ve vida sistemleri ya da lag vidalar gibi osteosentez materyalleri kullanılarak rijit internal fiksasyon uygulanır (Brandt & Haug, 2003).

Zide ve Kent, mandibular kondil kırıklarının tamamının kapalı yöntemlerle başarılı şekilde tedavi edilemeyeceğini ortaya koymuşlardır. 1983 yılında yayımladıkları dönüm noktası niteliğindeki makalelerinde, vasküler ve sinir hasarı risklerine rağmen bazı kırık tiplerinin ve hasta özelliklerinin açık cerrahi yaklaşımı zorunlu kılabileceğini vurgulamışlardır. Bu çalışmada, açık redüksiyonun uygulanabileceği başlıca endikasyonları şu şekilde sıralamışlardır (Zide & Kent, 1983).

Mitchell ve çalışma arkadaşları, mandibula kondil kırıklarında açık redüksiyon ve rijit internal fiksasyonun uygulanma durumlarını endikasyonlar ve kontrendikasyonlar olarak

değerlendirmiş; bunları da kesin (mutlak) ve göreceli (relatif) olmak üzere iki ayrı grupta sınıflandırmışlardır. Bu yaklaşım, hangi vakalarda cerrahi girişimin zorunlu olduğunu ve hangi durumlarda alternatif tedavi yöntemlerinin düşünülebileceğini daha net bir şekilde ortaya koymaktadır (Mitchell, 1997). Günümüzde teknolojik ilerlemeler sayesinde çok çeşitli osteosentez materyalleri geliştirilmiştir. Bu seçenekler arasında özellikle mini ve mikro plaklar ile vidalar, en yaygın kullanılan fiksasyon araçları olarak öne çıkmaktadır (Ataözden et al., 2021).

Kesin Endikasyonlar

Mitchell (1997), Haug ve Assael (2001) ile Brandt ve Haug (2003)'ün çalışmalarına göre mandibular kondil kırıklarında açık redüksiyon ve rijit internal fiksasyonun uygulanmasını zorunlu kılan (kesin) endikasyonlar şu şekilde sıralanmaktadır:

- Hasta tercihi (herhangi bir kesin ya da göreceli kontrendikasyon yoksa).
- Kapalı redüksiyonla oklüzyonun sağlanamadığı durumlar.
- Başka bir yüz kırığında rijit internal fiksasyon uygulanacaksa ve oklüzyonu da etkiliyorsa.
- Oklüzyon stabilitesinin yetersiz olduğu vakalar (örneğin her kadranda üçten az dişin bulunması, ileri periodontal yıkım, iskeletsel anomaliler).
- Kondil fragmanının orta kranial fossaya doğru deplase olması.
- Lateral yönde ekstrakapsüler deviasyon varlığı.
- Açık kırıkların bulunduğu ve fibröz iyileşme potansiyeli olan olgular.
- Kırık hattında yabancı cisimlerin bulunması (Brandt & Haug, 2003; Haug & Assael, 2001; Mitchell, 1997).

Rölatif Endikasyonlar

Bazı durumlar kesin cerrahi gerektirmese de klinik koşullara bağlı olarak açık redüksiyon ve rijit internal fiksasyon tercih edilebilmektedir. Bu durumlar şu şekilde özetlenebilir:

- Tam dişsiz çene varlığında, özellikle stabilizasyonun sağlanmasının zor olduğu olgular.
- Periodontal hastalıkların eşlik ettiği vakalar.
- Splint bulunmayan tam dişsiz hastalarda bilateral kondil kırıkları.
- Parçalı orta yüz kırıklarıyla birlikte görülen çift taraflı kondil kırıkları, özellikle prognatizm veya retrognatizm gibi çene ilişkisi anomalilerinde.
- Stabil olmayan tek taraflı kondil kırıkları.

- Tam veya kısmi dişsizlikte, kondilin yer değiştirmesiyle birlikte ortaya çıkan posterior kapanış bozuklukları
- Kontrol altına alınamayan epileptik nöbetler
- Astım ve solunum güçlüğü gibi kapalı yöntemleri zorlaştıran durumlar.
- İyileşme olasılığı bulunan ancak ağır seyirli nörolojik tablolar.
- Psikiyatrik problemler (mental retardasyon, psikoz vb.).
- Madde bağımlılığı bulunan hastalar (Brandt & Haug, 2003; Haug & Assael, 2001; Mitchell, 1997).

Kesin Kontrendikasyonlar

Mitchell (1997) ve diğer yazarların belirttiği üzere, bazı klinik durumlarda açık redüksiyon ve rijit internal fiksasyon uygulanması kesinlikle önerilmez. Bu durumlar şunlardır:

- Kondil başı kırıkları: İntrakapsüler kırıklarda açık cerrahi müdahale eklem yapısına zarar verebilir.
- Genel anestezi için yüksek risk taşıyan sistemik hastalıklar: Kardiyak, pulmoner veya metabolik açıdan cerrahiye tolere edemeyecek olgular.
- Travma sonrası oklüzyonun korunmuş olması: Çiğneme fonksiyonunu bozmayan ve kapanış ilişkisi normal olan kırıklarda cerrahi gereksizdir.
- Hastada minimal ağrı varlığı: Belirgin ağrı şikâyeti olmayan olgularda konservatif tedavi yeterlidir.
- Mandibula hareketlerinin kabul edilebilir düzeyde olması: Fonksiyonel kısıtlılığa neden olamayan durumlarda cerrahiye ihtiyaç duyulmaz (Brandt & Haug, 2003; Haug & Assael, 2001; Mitchell, 1997).

Göreceli Kontrendikasyonlar

- Daha etkili ve basit bir tedavi seçeneğinin mevcut olması
- Kondil boynu kırıkları
- İleri derecede nörolojik bozukluğu olan ve iyileşme şansı bulunmayan hastalar (Brandt & Haug, 2003; Haug & Assael, 2001; Mitchell, 1997).

2.5.4. Mandibular Kondil Kırıklarının Komplikasyonları

Brandt ve Haug, kondil kırıklarının kapalı redüksiyonla tedavisinden sonra komplikasyon oranlarının ve başarısızlık riskinin oldukça yüksek olduğunu belirtmişlerdir (Brandt & Haug, 2003). Bu nedenle, söz konusu hastalarda kapalı yöntem yerine açık

redüksiyonu tercih etmişlerdir. Estetik açıdan değerlendirildiğinde, kondilin lateral görünümü genellikle yüz için bir referans noktası kabul edilmez. Hastalar çoğunlukla yüzde skar kalma ihtimalinin farkındadır, ancak kondil bölgesindeki dışbükeyliğin azalmasını genellikle fark etmezler. Bununla birlikte, temporal ya da masseter kaslarında görülen atrofi, kondilin pozisyonunu belirgin hale getirebilir ve bu durum çoğunlukla açık redüksiyon sonrası ortaya çıkabilmektedir (Assael, 2003).

Kondil kırıkları hem kapalı (konservatif) hem de açık (cerrahi) yöntemlerle tedavi edildikten sonra çeşitli komplikasyonlar görülebilmektedir. Bu komplikasyonlar genellikle iki grupta incelenir: erken dönemde ortaya çıkanlar ve geç dönemde gelişenler (Ellis, 1998).

Operasyon sırasında veya postoperatif erken dönemde karşılaşılan komplikasyonlar arasında;

- Timpanik plak kırığı,
- Kondiler fragmanın fossa krania media'ya deplasmanı sonucu gelişen glenoid fossa kırıkları,
- Trigeminal sinir veya fasiyal sinir hasarı yer almaktadır.

Geç dönem komplikasyonları ise daha çok fonksiyonel ve yapısal bozukluklarla ilişkilidir. Bunlar arasında;

- Maloklüzyon,
- Çene gelişiminde bozukluklar,
- Ankiloz sayılabilir.

Bunlara ek olarak, mini plak ve vida sistemleriyle ilgili komplikasyonlar da literatürde rapor edilmiştir.

2.6. Koronoid Proses

Mandibular koronoid proses, ramusun ön-üst kısmında konumlanmış olup yukarıya ve hafifçe öne yönelen üçgen biçimli ince bir kemik yapıdır. Koronoid terimi, Yunanca Korone kelimesinden türetilmiş olup “taç” anlamına gelir. Bu yapı, yan görünümde gagaya benzeyen, yassı bir çıkıntı şeklindedir. Standart anatomi kitaplarının çoğu, koronoid prosesi mandibulanın düz, üçgen bir uzantısı olarak tanımlar. Literatürde ise bu çıkıntının şekil varyasyonları; kanca, üçgen ve yuvarlak olmak üzere üç tipe ayrılmıştır (Şekil 2.6) (Lalitha & Sridevi, 2016).

Koronoid prosesin şekli üç ana tipe ayrılmaktadır (S.Pradhan vd., 2014):

1. **Üçgen Tip** – Ucu doğrudan yukarıya doğru yönelmiştir.
2. **Yuvarlak Tip** – Ucu yuvarlak formdadır.
3. **Kanca Tipi** – Ucu geriye, yani posteriora doğru yönelmiştir.



Şekil 2.6. Sırasıyla koronoid proses şekilleri; Üçgen Tip, Yuvarlak Tip, Kanca Tip

Koronoid proses, mandibulanın hareketliliğini ve stabilitesini destekleyerek TME işlevlerine katkı sağlar. Koronoid proses, ramusun yukarı doğru incelindiği bölgede, arka tarafta yer alan kondil ile incisura mandibulae aracılığıyla bağlantı kurar (Goh vd., 2020; Satan, 2025).

Koronoid prosesin fonksiyonel önemi, mandibulanın kuvvetli çiğneme kaslarıyla olan bağlantısından ileri gelir. Medial kenarları ve yüzeyi m. temporalis için tutunma alanı sağlarken, lateral yüzeyi m. masseter kasının ön liflerinin bağlantı noktasıdır. Bu kaslar çiğneme hareketinde kritik rol oynar ve morfofonksiyonel açıdan birbirine bağımlıdır. Prosesin keskin yapısı, bu kasların kasılma kuvvetini doğrudan mandibulaya ileterek çiğneme sırasında alt çenenin güçlü bir şekilde yukarı doğru hareket etmesini sağlar (Lalitha & Sridevi, 2016; Goh vd., 2020; Shujaat vd., 2023; Pradhan vd., 2014).

Koronoid prosesin klinik açıdan önemi, membranöz yapıda bir kemik olması ve intraoral yaklaşımla çıkarılabilmesi sayesinde fonksiyon kaybı veya belirgin yüz deformitesi oluşturmamasıdır. Bu özellik, onu farklı cerrahi uygulamalarda değerli bir greft kaynağı haline getirmektedir. Özellikle orbital taban defektlerinin onarımı, alveoler bölgedeki kemik defektlerinin giderilmesi, paranazal sinüs augmentasyonu, mandibulada kaynamamış kırıkların tedavisi ve çeşitli kraniyomaksillofasiyal rekonstrüksiyonlarda güvenle kullanılabilir (Lalitha & Sridevi, 2016).

Koronoid proses, boyut, şekil ve uzunluk açısından bireyler arasında farklılık gösterebilir. Ayrıca, aynı kişide sağ ve sol koronoid prosesler de anatomik olarak birbirinden farklı özellikler sergileyebilir (Kadam et al., 2015). Lalitha ve Sridevi'nin gerçekleştirdiği

bir araştırmada, mandibulaların büyük bir kısmında (%73,9) her iki tarafta da aynı tipte koronoid proses bulunduğu, vakaların %26,1'inde ise sağ ve sol taraflarda farklı tiplerin yer aldığı rapor edilmiştir (Lalitha & Sridevi, 2016).

Koronoid proses, maksillofasiyal cerrahide rekonstrüksiyon amacıyla önemli bir klinik role sahiptir. Bunun yanı sıra yaş, cinsiyet ve ırkın belirlenmesinde de yardımcı bir anatomik yapı olarak kullanılmaktadır (Kadam et al., 2015; Rak et al., 2007; Sanmugam, n.d.).

2.6.1. Koronoid Proses Anomalileri

Koronoid Proses Hiperplazisi (KPH): Ağız açıklığının yavaş ve ilerleyici bir şekilde azalmasına neden olan nadir bir durumdur. KPH, histolojik olarak normal kemikten oluşan mandibular koronoid prosesin anormal bir şekilde uzaması olarak tanımlanır. Bu durum, ağız açıldığında koronoid prosesin zigomatik kemiğin gövdesine veya kemerine çarpmasına yol açar (Mulder et al., 2012). Koronoid prosesin boyutu ve morfolojik yapısı; beslenme alışkanlıkları, hormonal etkiler, genetik faktörler ve özellikle temporal kasın fonksiyonel aktivitesi gibi etkenlerden önemli ölçüde etkilenir (Sanmugam, t.y.; Pradhan vd., 2014). Kas ve kemik dokusu karşılıklı olarak dinamik bir ilişki içindedir; bu durum, ilgili kemiğin morfolojisinde belirgin değişikliklere yol açabilir (Shakya vd., 2014). Koronoid prosesin büyümesi ise osteokondrom, ekzostoz, osteoma ve gelişimsel anomaliler gibi çeşitli patolojik durumlarda ortaya çıkabilmektedir (Pradhan et al., 2014). KPH kesin etiyolojisi henüz netlik kazanmamıştır; ancak travma, temporal kas aktivitesinde artış, hormonal ve genetik faktörler ile TME bozuklukları gibi çeşitli olasılıklar ileri sürülmüştür (Mulder vd., 2012; Ouni vd., 2015). Genellikle ikinci dekatta ortaya çıkar ve daha çok erkek bireylerde görülür (Erdem & Erdem, 2022; Lin vd., 1999).

Hecht Sendromu (Trismus-Psödokamptodaktili Sendromu): Kısıtlı ağız açıklığı (trismus) ve bileğin dorsifleksiyonu sırasında parmaklarda fleksiyon deformitesi (psödokamptodaktili) ile karakterize, nadir görülen otozomal dominant bir distal artrogripoz tipidir. Bu sendrom ilk olarak 1969 yılında Hecht ve Beals tarafından, bir baba ve dört çocuğunda tanımlanmıştır (F., 1969). Daha sonra, 1974 yılında Mabry ve ark., Amerika'ya göç eden bir Hollandalı kadındaki genetik mutasyonu esas alarak bu durumu "Hollanda-Kentucky Sendromu" olarak adlandırmıştır. Trismusun, mandibular koronoid proseslerin bilateral hiperplazisi ile, psödokamptodaktilinin ise elin fleksör profundus kas-tendon ünitelerinin kısılması ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, MYH8 genindeki

mutasyonların, etkilenen bölgelerde kas, tendon ve kemik arasındaki bağlantılarda anormal gelişim ile ilişkili olduğu ve hastalığın patofizyolojisinde kritik bir rol oynayabileceği düşünülmektedir (Yamashita & Arnet, 1980).

Osteokondrom: Kıkırdak kaplı, kemiksi çıkıntı şeklinde iyi huylu bir hamartomdur. Esas olarak aksiyal iskelette, endokondral kemikleşme bölgelerinde bulunurlar. Sonuç olarak, yüz iskeletinde nadir görülürler, çünkü bu iskelet esas olarak membranöz kemikleşmeye uğrar. Oluştuklarında ise mandibular kondilde, bazen de koronoid çıkıntıda görülürler. Büyüme düzenleri onları ekzofitik veya küresel olarak sınıflandırabilir. Ekzofitik lezyonlar, esas olarak kondiler başından sap benzeri bağlantılarda gelişme eğilimindedir. Küresel lezyonlar, dikey bir büyüme düzlemi ile kondiler başının tamamını lobüler bir şekilde deforme eder (Schlund et al., 2020).

Osteom: İyi organize olmuş olgun kemik dokusundan oluşan, boyutu hafif kalınlaşmadan geniş kitlelere kadar değişebilen benign bir osteojenik tümördür (Iwai vd., 2013; Manjunatha & Nagarajappa, 2009). Genellikle kraniyofasiyal iskelette görülür ve vücudun diğer kemiklerinde oldukça nadir rastlanır. Osteomlar, köken aldığı dokuya bağlı olarak; santral (endosteumdan kaynaklanan), periferik (periosteumdan gelişen) ve genellikle kas dokusundan oluşan ekstraskletal tip üç grupta sınıflandırılır (Shaw & Chan, 2023).

Mandibular koronoid proses osteomu, ağız ve çene-yüz patolojileri içerisinde oldukça nadir rastlanan bir lezyondur. Görülme sıklığı düşük olmasına karşın, diş hekimleri ve ilgili tıp uzmanlarının bu olasılığı bilmesi ve benzer semptomlarla başvuran hastalarda ayırıcı tanıda değerlendirmesi büyük önem taşır. Literatürde bildirilen oranlara göre mandibuladaki osteomların görülme sıklığı %22,8 ile %81,3 arasında değişirken, maksilladaki osteom sıklığı ise yaklaşık %15,28 olarak rapor edilmiştir (Kaplan vd., 1994).

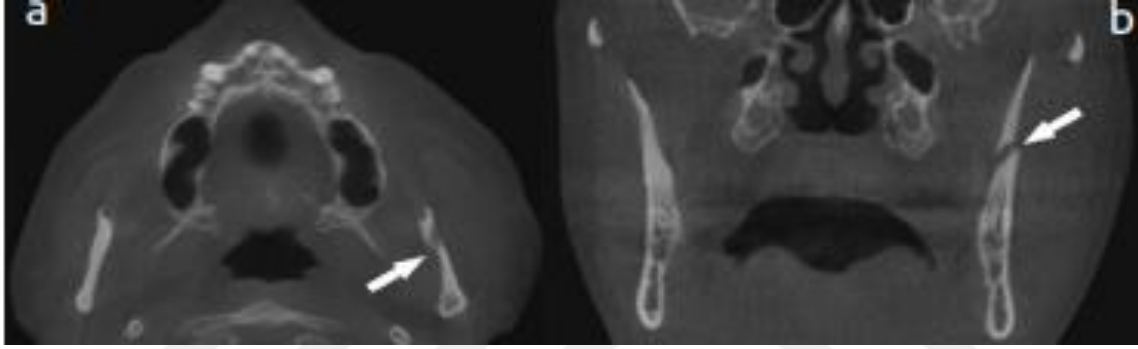
2.6.2. Koronoid Proses Kırıkları

Tüm fasiyal kırıklar içinde oldukça nadir görülür ve insidansı yaklaşık %1-2 olarak belirtilmiştir. Bu kırıkların başlıca nedenleri arasında trafik kazaları, düşmeler, saldırılar, üçüncü molar diş çekimleri ve sagittal split osteotomisi gibi cerrahi işlemler yer almaktadır (Genç vd., 2019). Çoğunlukla basit, çizgisel ve minimal deplasmanlı kırıklar şeklinde görülür. Ancak, periostun zedelenmesi durumunda, temporal kasın kasılması ile deplasman artabilir (Rapidis vd., 1985).

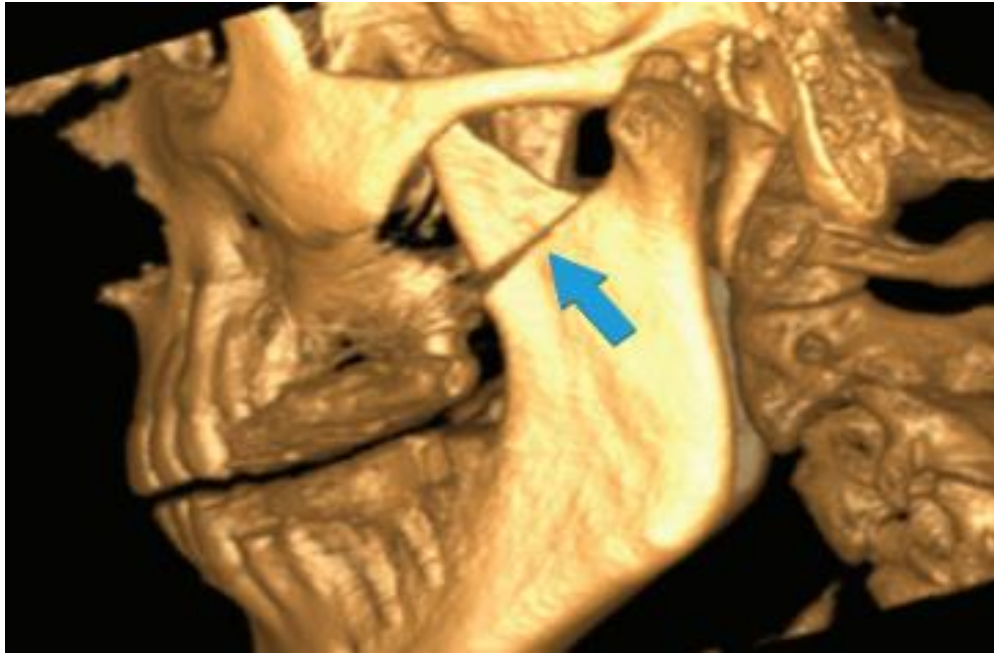
Kırık fragmanlarının tedavi planı, deplasman düzeyi ve klinik bulgulara göre şekillendirilmelidir (Oka, 1993; Rapidis vd., 1985). Şiddetli ağrı ve belirgin maloklüzyon

bulunan olgularda, 4 haftaya kadar İMF uygulanması uygun görülmektedir. Ancak deplasman ya da maloklüzyonun eşlik etmediği, basit koronoid kırıklarında tedaviye gerek yoktur. Bunun nedeni, temporal kasın spazmının doğal bir splint etkisi oluşturarak fragmanın stabilitesini korumasıdır (Waknis & Mishra, 2014). Ayrıca, kırık fragmanda belirgin deplasman olması, orta yüz ya da mandibulada eşlik eden başka kırıkların bulunması ve uzun süre İMF uygulanamayan hastalar söz konusu olduğunda, tedavi seçeneği olarak rijit internal fiksasyon tercih edilmektedir (Boffano vd., 2014; Shen vd., 2013).

Kesin tanı, hasta öyküsü, klinik muayene ve radyografik görüntüleme ile konur. Tedavi yöntemleri çoğunlukla konservatif olup, nadiren cerrahi müdahaleye ihtiyaç duyulur (GENÇ vd., 2019).



Şekil 2.7. Aksiyal (a) ve koronal (b) kesitlerde sol koronoid proses kırık hattı (GENÇ vd., 2019)



Şekil 2.8. Sol koronoid proses kırığının 3 boyutlu görüntüsü (Genç vd., 2019)

2.6.3. Koronoidektomi

Koronoidotomi, koronoid prosesi mandibular ramustan ayırarak kemik ile kas arasındaki bağlantının kesildiği, ancak çıkarılmayıp yerinde bırakıldığı bir işlemdir. Koronoidektomi ise bu bağlantının kesilmesinin ardından koronoid prosesin tamamen uzaklaştırıldığı, yani koronoid prosesin cerrahi olarak çıkarılmasını içeren işlemdir (Ambereen vd., 2021).

Koronoidektomi sırasında, temporalis kas lifleri koronoid prostesten sıyrılarak tamamen çıkarılır. Avantajları, sıkışmanın mekanik nedeninin ortadan kaldırılması ve tanıyı doğrulamak veya revize etmek için numunenin histolojisinin yapılabilmesidir. Öte yandan, temporalis insersiyonunun serbestleştirilmesi zor ve travmatik bir işlem olabilir (Mulder vd., 2012). Koronoidotomide, işlem tabandan kesilir ve orijinal yerinde bırakılır. Bu yöntemin daha az travmaya, daha az postoperatif morbiditeye ve daha iyi sonuçlara yol açtığı düşünülmektedir. Dezavantajları ise koronoid prosesin yeniden bağlanması nedeniyle tekrarlama riski olması ve histoloji yapılamamasıdır (Ozkaya vd., 2018).

Koronoidotomi tekniği ilk olarak Oprisiu ve Cosma tarafından tanımlanmıştır. Bu yöntem, koronoid prosesin tabanında yapılan osteotomi ile intraoral yoldan gerçekleştirilir. Koronoidotomi, KPH ve TME ankilozu gibi çeşitli durumların tedavisinde uygulanmıştır. Ancak, bu yöntemin stabilitesi tartışmalıdır; çünkü koronoid prosesin yeniden kaynaşma riski mevcuttur (Kurt Akgül, 2024; Mohanty vd., 2017). Koronoidotomi, uzun süreli postoperatif fizyoterapi ile birleştirildiğinde, ağız açıklığında belirgin artış sağlayarak tatmin edici uzun dönem sonuçlar ortaya koymuştur. Koronoidektomi ise, uzamış koronoid prosesin cerrahi olarak çıkarılmasını içeren ve KPH tedavisinde en sık uygulanan cerrahi yöntemdir. Yapılan birçok çalışma, koronoidektomi sonrası interinsizal ağız açıklığında anlamlı bir artış gerçekleştiğini rapor etmiştir (Mulder vd., 2012; Robiony vd., 2012).

Koronoidotomi ve koronoidektomi için hem intraoral hem de ekstraoral cerrahi yaklaşımlar tanımlanmıştır. Uzamış koronoid proses görülen vakaların büyük çoğunluğunda (%90) intraoral yöntem tercih edilmektedir. Bu yaklaşım, ciltte skar oluşumunu ve fasiyal sinir yaralanması riskini ortadan kaldırırken, koronoid prosesin çıkarılması ve temporal tendonun diseksiyonu için yeterli cerrahi alan sağlar. Ancak diseksiyon çok yukarıya veya mediale ilerletildiğinde, bukkal yağ pedinin açığa çıkması olasılığı bulunmaktadır (Ozkaya vd., 2018; Tavassol vd., 2012).

Şiddetli derecede hipertrofik koronoid proseslerin intraoral yaklaşımla çıkarılması çoğu zaman mümkün olmadığından, lezyona erişim için submandibular, preauriküler,

bitemporal, temporal ya da koronal flepler gibi çeşitli ekstraoral yaklaşımlar tanımlanmıştır (Ghazizadeh vd., 2018). Literatürde endoskopik yardımcı veya yardımsız uygulanabilen bu yöntemlerin, daha geniş görüş alanı sağlayarak koronoid prosesin rezeksiyonunu ve temporal yapının serbestleştirilmesini kolaylaştırdığı; ayrıca fibrozis ve hematoma oluşumunu azaltma potansiyeli taşıdığı belirtilmektedir. Ancak buna karşın, ekstraoral erişimde dışarıdan görülebilen bir skar oluşma ihtimali ile fasiyal sinir hasarı riski intraoral yaklaşıma kıyasla daha belirgin şekilde artmaktadır (Roy & Reid, 2021). İntraoral yaklaşımla gerçekleştirilen koronoidektominin, fasiyal skar, fasiyal sinir yaralanması, uzun operasyon süresi ve plak-vida maliyeti gibi dezavantajları bulunan rijit internal fiksasyona kıyasla daha avantajlı olduğu bildirilmiştir (Oka, 1993; Shen vd., 2013).

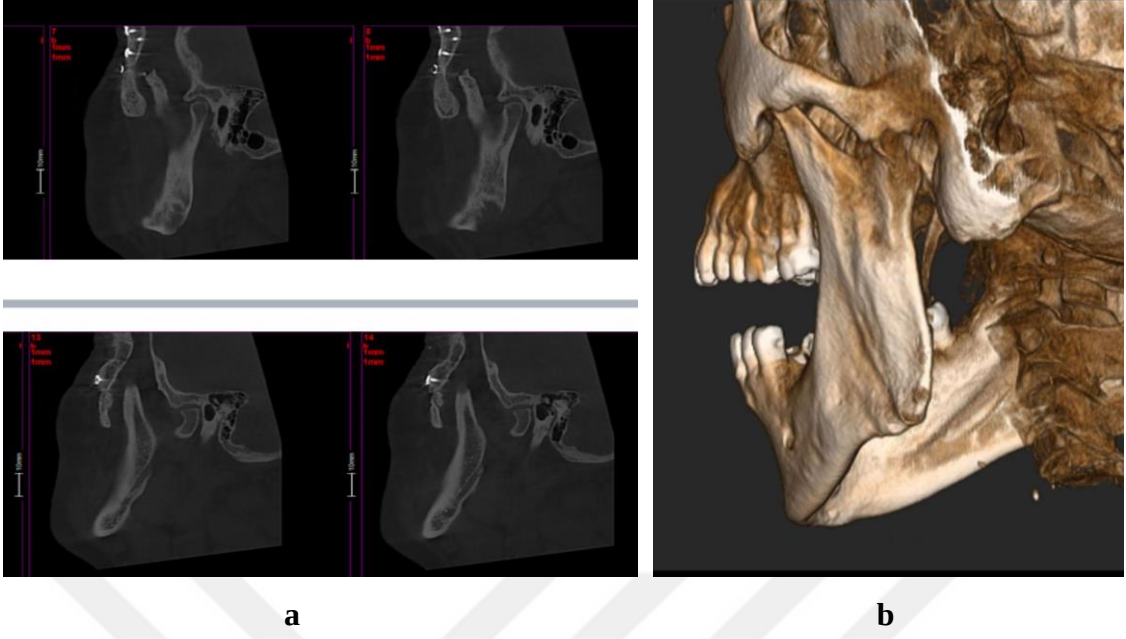
Tercih edilen tedavi yöntemi cerrahidir, ancak sonuçlar genellikle hematoma veya intraoral fibroz oluşumu nedeniyle hayal kırıklığı yaratmıştır. Yazarlar, ekstraoral yaklaşımın daha az fibroza neden olabileceği hipotezini ortaya koymuşlardır, ancak postoperatif önlemlerini intraoral cerrahilerle karşılaştırmak için çok az ekstraoral cerrahi gerçekleştirilmiştir (Mulder et al., 2012). Genel olarak, çoğu araştırmacı intraoral koronoidektominin en uygun yöntem olduğu görüşündedir (McLoughlin vd., 1995).

Koronoid proses kırıklarının tedavisi değişiklik gösterebilir, ancak cerrahi eksizyon endike olduğunda, tedavi genellikle mandibular ramus boyunca posterior intraoral kesi yoluyla intraoral bir yaklaşımı içerir. İntraoral yaklaşımların gelişiminde tarihsel olarak önemli bir adım, 1909 yılında William Keen tarafından tanıtılan zigomatik-maksiller destek ve zigomatik ark için kullanılan intraoral girişimdir. Klasik posterior intraoral kesi ile karşılaştırıldığında modifiye Keen tekniğinin sunduğu bazı belirgin avantajlar bulunmaktadır. Özellikle intraoral maksiller vestibüler insizyonun kolay erişilebilir olması, cerraha koronoid kırığının hem anterior yüzünü hem de medial yüzeyini doğrudan görme ve değerlendirme imkânı sağlar. Bu durum, koronoid kırıklarına sıklıkla eşlik eden orta yüz kırıklarının aynı insizyon hattı üzerinden görüntülenmesini ve fiksasyonunun yapılmasını kolaylaştırır; böylece genişletilmiş ya da ek bir insizyona duyulan ihtiyaç ortadan kalkar. Ayrıca osteotomi gerekmesi hâlinde bu yaklaşımın uygulanabilirliği daha da belirginleşmektedir (Roy & Reid, 2021).

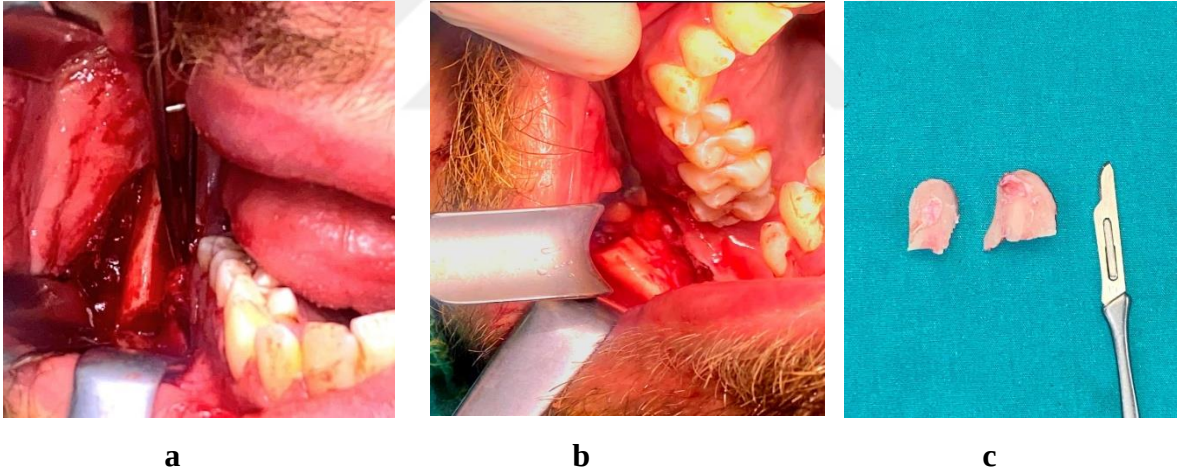
2.6.4. Koronoidektomi Cerrahisi

Cerrahi girişimde, ekstraoral, intraoral ya da her iki yöntemi birleştiren kesi seçenekleri kullanılabilir (Losa-Muñoz vd., 2014; Ostrofsky & Lownie, 1977; Yesildag vd., 2010). Klinik uygulamada en çok tercih edilen intraoral yaklaşım, yüzde skar bırakma ve fasiyal sinir hasarı riskini ortadan kaldırırken lezyona doğrudan ve güvenli bir erişim sağlamasıyla öne çıkar (Dandriyal vd., 2014).

İşlem, nazotrakeal entübasyon ile genel anestezi altında gerçekleştirildi (Miaśkiewicz vd., 2025). Hasta standart aseptik hazırlık protokolüne göre hazırlandı. Lokal anestezi amacıyla ramus bölgesine anestezi yapılarak inferior alveolar sinir bloğu ve uzun bukkal sinir bloğu uygulandı; bu işlemde %0,5 Bupivakain HCl + 1:200.000 adrenalin tercih edildi (Girotra vd., 2025). İkinci premolar hizasında, yapışık dişetinin yaklaşık 5 mm apikalinden başlayan standart bir intraoral kesi yapıldı ve kesi mandibulanın dış oblik sırtı boyunca uzatıldı. Subperiosteal diseksiyon sonrasında, mandibular lingulanın üzerindeki ramusun hem lateral hem de medial yüzleri tamamen ortaya çıkarıldı (Miaśkiewicz vd., 2025). Koronoid proses, medial ve lateral yönde ilerletilen künt diseksiyonla güvenli şekilde ortaya çıkarıldı. Ardından incisuranın alt kenarı yine künt diseksiyonla ortaya çıkarıldı (Orabona vd., 2022). Aynı intraoral kesi hattından ilerlenerek ramusun ön kenarındaki temporalis kas ataçmanını diseke edildi ve koronoid prosese ulaşıldı. Koronoid proses forsepsle stabilize edildikten sonra, osteotomi hattı sigmoid çentiğin derinliğinden başlayarak ramusun ön kenarına uzanacak şekilde okluzal düzleme paralel oluşturuldu. Osteotominin tamamlanmasının ardından koronoid proses klemp yardımıyla traksiyon uygulanarak çıkarıldı ve kalan temporalis kası ile tendon bağlantıları kesilerek rezeksiyonun sorunsuz şekilde tamamlanması sağlandı (H. Gupta vd., 2014). Kalan dokular koterize edilerek ve makasla ayrılarak tamamen temizlendi (Miaśkiewicz vd., 2025). Daha sonra mukoza 3-0 vikril ile primer suture edildi (Gupta vd., 2014).



Şekil 2.9. *CBCT’de hiperplazik koronoid proses (a), hiperplazik koronoid prosesin zigomatik arkla çatışmasının 3D görüntüsü (b)*



Şekil 2.10. *Koronoidektomi uygulaması; koronoid prosesin açığa çıkarılması (a), koronoidektomi kesi hattı (b), rezeke edilen koronoid proses (c)*

2.7. Sonlu Eleman Analizi

Karmaşık geometrilere sahip sorunların analitik yollarla çözülmesi oldukça güçtür. Bu nedenle sonlu eleman analizi (SEA) gibi sayısal yöntemlerin kullanımı gerekli hale gelmiştir. SEA, bilgisayar destekli modeller yardımıyla bir cismin stres ve gerinim gibi yükler altındaki tepkilerini inceleyen bir tekniktir. Yöntem, teorik olarak sonsuz sayıda noktadan oluşan bir yapının, sonlu sayıdaki küçük bölümlere ayrılarak değerlendirilmesine

dayanır (Gao vd., 2006). Bu yöntem, ilk kez 1960'lı yıllarda havacılık ve uzay mühendisliği alanındaki çalışmalar sırasında, fiziksel özellikler ile sonlu boyutların dikkate alındığı sanal elemanlar oluşturularak, mekanik testlerin sayısal yöntemlerle modellenmesi amacıyla geliştirilmiştir (Bezerra vd., 2013; Maurer vd., 2002). SEA, 1960'ların sonlarında Ledney ve Huang'ın bir diş modelini matematiksel olarak tasarlamasıyla diş hekimliği alanında uygulanmaya başlanmıştır. 1970'li yıllarda ise Farah ve çalışma arkadaşlarının yürüttüğü araştırmalar, bu yöntemin diş hekimliğinde daha yaygın bir şekilde kullanılmasına zemin hazırlamıştır (Ebrahimi, 2012).

Çene cerrahisi açısından SEA, özellikle implantlar, vida-plak sistemleri, travmatik yaralanmalar, ortognatik cerrahi ve eklem protezleriyle ilişkili biyomekanik sorunların incelenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. (Weinstein vd., 1976).

SEA'nın maksillofasiyal cerrahideki kullanım alanları

- Ortognatik cerrahi: Vida ve plak sistemlerinin doğru yerleştirilmesini sağlamak ve farklı fiksasyon sistemlerinin biyomekanik açıdan değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Maurer vd., 1999).
- Mandibular rezeksiyon ve rekonstrüksiyon: Tümör nedeniyle yapılan mandibula rezeksiyonlarında osteotomi hatlarının ve rekonstrüksiyon tekniklerinin biyomekaniğinin incelenmesinde uygulanır (Wong vd., 2011).
- Fasiyal rekonstrüksiyon ve estetik cerrahi: Yumuşak ve sert dokuların mekanik davranışlarını analiz ederek cerrahi planlamada yardımcı olur (Koch vd., 1996).
- Dental implantlar: İmplantların biyomekanik özelliklerini ve kemik-implant etkileşimini değerlendirmede kullanılır (Borchers & Reichart, 1983).
- Kraniyofasiyal travmalar: Travma vakalarında kullanılan farklı osteosentez sistemlerinin dayanıklılığını ve stabilitesini analiz eder (Aquilina vd., 2013).
- Kraniyofasiyal bölge analizi: Bölgedeki karmaşık anatomik yapıların stres ve gerinim dağılımlarının değerlendirilmesini sağlar (Boccaccio vd., 2008).

Sonlu Eleman Analiz Yönteminin Avantajları

- Düzgün olmayan geometriye sahip ve farklı malzeme özelliklerini bir arada bulunduran yapılara uygulanabilir; bu sayede gerçek yapıya oldukça yakın modeller oluşturulabilir.
- Uygulanan kuvvetlerin yapı üzerinde oluşturduğu gerilmeler (stresler), cismin istenilen herhangi bir noktasında ayrı ayrı analiz edilebilir.

- Analizler tekrarlanabilir olup, elde edilen verilerin hassasiyeti ve doğruluğu kolaylıkla kontrol edilebilir.
- Gerilme, gerinme ve yer değiştirme değerleri yüksek doğrulukla hesaplanabilir.
- Farklı malzeme özellikleri tanımlanarak çok sayıda alternatif model oluşturulabilir.
- Uygulanan kuvvetin büyüklüğü, yönü, malzeme özellikleri veya geometrik parametreler kolayca değiştirilebilir; bu sayede analizler kısa sürede tekrarlanabilir.
- Analiz sonuçlarına kısa sürede ulaşılabilir, bu da yöntemin zaman açısından verimliliğini artırır.
- Sınır koşulları gerçekçi biçimde tanımlanabilir ve bu koşulların sağlanması oldukça kolaydır.
- Girişimsel olmayan bir yöntem olduğundan, özellikle sağlık ve biyomekanik alanlarında güvenle kullanılabilir.
- Farklı yüzeyler arasındaki temas, yapışma ve sürtünme etkileri, gerçeğe yakın biçimde modellenilebilir (Borcic vd., t.y.; Mohammed vd., 2014).

Sonlu Eleman Analiz Yönteminin Dezavantajları

- Güvenilir sonuçlar elde edebilmek için, kullanılan materyallerin fiziksel özelliklerinin bilgisayar ortamına doğru ve hassas biçimde aktarılması gerekir.
- Modelleme sırasında materyalin izotropik, homojen ve elastik olduğu varsayılır; ancak bu durum gerçek biyolojik dokuları tam olarak yansıtmayabilir.
- Analizlerin yapılabilmesi için yüksek donanımlı bilgisayar sistemleri ve özel yazılımlar gerekir; bu da yöntemin maliyetini artırır.
- Ağız içi yapılar dinamik kuvvetlere maruz kalır. Dinamik analiz yapılabilse de bu işlem zordur ve karmaşık bir süreç gerektirir.
- Eleman tipi ve boyutunun doğru seçilmesi, malzeme özelliklerinin ve kuvvet uygulama noktalarının doğru belirlenmesi büyük önem taşır; bu alanlarda yapılan hatalar sonuçların doğruluğunu azaltabilir.
- Yöntemin başarılı şekilde uygulanabilmesi, yeterli teknik bilgi, deneyim ve değerlendirme becerisi gerektirir (J. P. A. Geng vd., 2001; Gümrükçü & Kurt, 2019; Ramoğlu & Ozan, 2015).

2.7.1. Stres Analizinde Kullanılan Kavramlar

Kuvvet: Cisimleri harekete geçiren, hareket eden bir nesneyi durduran veya şekil değişikliğine neden olabilen, yönü, büyüklüğü, süresi ve türleri olan vektörel bir

büyükliktir. Ayrıca bir cismin diğerine uyguladığı etki olarak da tanımlanabilir. Dental implantlarda stres oluşturan kuvvetler açısından belirleyici unsurlar; kuvvetin türü, yönü, süresi, şiddeti ve büyüklüğüdür. Kuvvet, yön ve doğrultu gibi vektörel özellikler taşır ve SI birim sisteminde “Newton” (N) ile ifade edilir (Toriumi vd., 2014).

Kuvvet, üç temel tipe ayrılır: basınç, çekme ve makaslama. Basınç kuvveti, iki nesneyi birbirine yaklaştıran kuvveti ifade ederken; çekme kuvveti, bu nesnelerin birbirinden uzaklaşmasına neden olur. Makaslama kuvveti ise iki cismin birbirine paralel doğrultuda kaymasını sağlar. Araştırmalar, çene kemiğinin en dayanıklı olduğu kuvvet tipinin basınç kuvveti en zayıf olduğu kuvvet tipinin çekme olduğunu göstermektedir (Reilly & Burstein, 1975).

Stres (Gerilim): Bir cisme dış kuvvet uygulandığında cismin içinde bu kuvvete karşı koyan, eşit büyüklükte ve zıt yönde bir direncin ortaya çıkmasıdır. Stres, birim alana etki eden kuvvet olarak tanımlanır ve SI birimi Pascal’dır ($P = N/m^2$). Gerilme vektörel özellik gösterir; yani hem büyüklüğü hem de yönü vardır. Kuvvetin uygulanma yönüne bağlı olarak cisimde üç temel gerilme türü oluşur: uzama, sıkışma ve makaslama. Genellikle bu gerilme tipleri aynı anda meydana gelir (J. W. Choi vd., 2006; Jafari vd., 2003).

Gerinim (Strain): Gerinim, mühendislik ve fizik alanlarında, bir malzeme ya da yapıya uygulanan gerilme (stres) sonucunda ortaya çıkan şekil değişimini (deformasyonu) ifade eder. Bir başka deyişle, bir cismin ilk boyutlarına oranla ne kadar uzadığı veya sıkıştığı ile ilgilidir ve bu nedenle boyutsuz bir büyüklüktür. Gerinim, yalnızca büyüklüğü olan bir niceliktir; yönü bulunmadığından vektörel değil, skaler bir özelliğe sahiptir (J. Chen vd., 1998).

Elastisite Modülü (Young Modülü): Oransal limit veya altında kalan streslerin oluşturduğu gerinim değerlerine bölünmesiyle elde edilen sabit bir değerdir ve malzemenin rijiditesi hakkında bilgi verir. Bu değer büyüdükçe cismin sertliği artar, yani deformasyona karşı direnci yükselir. İnsan çenelerinde ise trabeküler kemik yoğunluğuna bağlı olarak elastisite modülünün belirgin farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir (Ulm vd., 1997).

Poisson Oranı: Bir malzemenin üzerine uygulanan kuvvetler sonucu oluşan deformasyona karşı gösterdiği direnç oranı “Poisson oranı” olarak tanımlanır (Tanaka & Van Eijden, 2003). Poisson oranı, bir malzemenin elastik davranışını tanımlayan temel mühendislik ve fizik parametrelerinden biridir. Poisson oranı, genellikle ν (nu) sembolü ile ifade edilir ve uygulanan gerilme sonucu oluşan uzunlamasına ve enine gerinimler arasındaki ilişkiyi tanımlar (Donzelli vd., 2004; Ingawale & Goswami, 2009). Başka bir

deyişle, Poisson oranı; bir malzemenin uzama yönündeki (boyuna) gerinimine karşılık, enine yönde meydana gelen daralma miktarının oranı olarak tanımlanır.

Von Mises Gerilimi: mühendislik ve malzeme bilimi alanlarında yaygın olarak kullanılan bir gerilme ölçütüdür. Bu parametre, özellikle bir malzeme veya yapının plastik deformasyona uğrama ya da akma sınırına ulaşma olasılığını değerlendirmek amacıyla kullanılır. Von Mises stres kriteri, aynı zamanda akma kriteri olarak da bilinir ve malzemelerin mekanik dayanımını analiz etmede önemli bir rol oynar.

Bu kriter, karmaşık gerilme durumlarını tek bir eşdeğer stres değeri ile ifade eder ve bu değer malzemenin akma sınırıyla karşılaştırılabilir. Elde edilen Von Mises stres değeri, malzemenin akma sınırını aştığında, malzemenin plastik deformasyona uğrayacağı ve kalıcı şekil değişikliğine maruz kalacağı kabul edilir. Bu nedenle Von Mises stresi, malzemelerin güvenli çalışma aralıklarını belirlemede ve mühendislik yapılarının dayanıklılığını değerlendirmede yaygın biçimde kullanılmaktadır (Bhavikatti, 2005; Donzelli vd., 2004; Ingawale & Goswami, 2009).

$$\sigma_{\text{vonMises}} = \left(\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2} \right)^{1/2}$$

Principal Stresler: Maksimum ve minimum principal stresler, üç boyutlu gerilme durumlarında bir malzeme üzerinde oluşan en yüksek ve en düşük normal gerilim bileşenlerini ifade eder. Bu stresler, malzeme üzerindeki toplam gerilimin ana bileşenleri olarak kabul edilir ve gerilim analizinde önemli bir yere sahiptir. Principal stresler, kesme geriliminin sıfır olduğu, yalnızca normal gerilimlerin etkili bulunduğu özel eksenler üzerinde ortaya çıkar. Bu nedenle, malzemenin maruz kaldığı gerilme durumunu doğru biçimde anlamak ve yük taşıma kapasitesini değerlendirmek açısından asal streslerin belirlenmesi büyük önem taşır. Maksimum ve minimum principal stres değerleri, yapının veya malzemenin dayanıklılığını ve güvenli çalışma sınırlarını değerlendirmede temel bir kriter olarak kullanılır. Bu değerler, gerilim tensörünün özdeğerlerinden hesaplanarak elde edilir (Bhavikatti, 2005; Donzelli vd., 2004; Ingawale & Goswami, 2009). Maksimum asal gerilmeler pozitif değerli olup en yüksek çekme gerilmelerini gösterirken, minimum asal gerilmeler negatif değerli olup en yüksek basma gerilmelerini ifade eder (Sung et al., 2003).

Hooke Kanunu: Bir materyalin geriniminin, uygulanan gerilimle doğru orantılı olduğunu ifade eden kanundur. Uygulanan kuvvet sonucunda malzemede oluşacak deformasyon miktarı, gerilim ve gerinim arasındaki ilişkiyi gösteren eğri üzerinden tahmin

edilebilir. Bu eğri üzerinde yer alan kuvvet katsayısı (k), cismin sertlik derecesini belirlemede kullanılır. Rijit malzemeler yüksek esneklik katsayısına sahipken, daha esnek malzemelerde bu katsayı daha düşüktür (Wilson et al., 1974).

Lineer Elastik Cisim: Elastik cisimlerde stres ve gerinim belirli bir kuvvet seviyesine kadar doğrusal ilişki gösterir. Bu prensip, 1678 yılında fizikçi Robert Hooke tarafından keşfedilmiş olup, Hooke Kanunu olarak adlandırılmıştır. Stres ve gerinimin orantı sınırına kadar doğru orantılı olduğu, bu sınırın aşılmasıyla lineer özellik göstermediği yapılar ise lineer elastik yapılar olarak tanımlanır (Çetiner, 2024).

İzotropi ve Anizotropi Cisim: Bir malzemenin farklı yönlerden uygulanan kuvvetler karşısında aynı elastik davranış sergilemesine izotropi adı verilir (Çetiner, 2024). Bu özelliğe sahip malzemeler, uygulanan kuvvet sonucunda oluşan çekme, basma ve makaslama gerilmelerinde aynı elastisite modülünü gösterirler. Buna karşılık, anizotropik materyaller farklı elastisite modülü değerlerine sahiptir (Provatidis, 2000; Toms vd., 2002).

Eleman (Element): Modelin tanımlandığı alan, küçük geometrik parçalar olan elemanlardan oluşur. Bu elemanlar temel olarak üç farklı türde bulunur: üç boyutlu katı elemanlar, iki boyutlu katı elemanlar ve çizgisel elemanlar şeklinde tanımlanır (Wakabayashi et al., 2008).

Düğüm (Node): Düğüm (Node), SEA yönteminde kullanılan temel kavramlardan biridir. SEA, mühendislik ve fizik alanlarında yapıların ve malzemelerin gerilme, deformasyon ve benzeri fiziksel özelliklerinin analizinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, karmaşık bir yapıyı daha küçük ve basitleştirilmiş parçalara ayırarak hesaplamaların daha kolay ve doğru şekilde yapılmasını sağlar. Bu küçük parçalar sonlu elemanlar olarak adlandırılır ve bu elemanlar düğüm noktaları (nodes) aracılığıyla birbirine bağlanarak bütünsel bir model oluşturur (Bhavikatti, 2005; Irons, 1970).

Ağ Yapısı (Mesh): Ağ yapısı (mesh) oluşturma, SEA sürecinin en önemli aşamalarından biridir. Bu işlem, analiz edilecek nesnenin geometrisinin küçük ve basitleştirilmiş elemanlara bölünmesiyle gerçekleştirilir. Her bir eleman, düğümler (nodes) adı verilen noktalar aracılığıyla birbirine bağlanarak yapının bütünü oluşturur. Mesh yapısı, modelin geometrik özellikleri, malzeme davranışları ve analiz türü dikkate alınarak oluşturulur. Bu doğrultuda, ağ yapısı düzenli (uniform) veya düzensiz (non-uniform) biçimlerde tasarlanabilir (Bhavikatti, 2005).

Sınır Koşulları (Boundary Conditions): Bu aşama, modelin hangi noktalarına kuvvet uygulanacağını ve hangi bölgelerinin sabitleneceğini belirlemeyi içerir. Başka bir ifadeyle, gerilmeler ve yer değiştirmelerin hesaplanabilmesi için gerekli sınır koşullarının tanımlandığı süreçtir (Geng et al., 2001).



3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, tek taraflı (sağ) koronoidektomi işleminin mandibular kondil bölgesinin travmatik kuvvetler karşısındaki yapısal dayanımına etkisi, SEA yöntemi kullanılarak değerlendirildi.

Çalışmada iki farklı model tasarlandı: ilki, koronoid prosesin korunduğu kontrol modeli; ikincisi ise sağ koronoid prosesin çıkarıldığı koronoidektomi modeli idi. Bu iki model üzerinden karşılaştırmalı analizler gerçekleştirilerek, koronoidektominin kondil bölgesindeki gerilme dağılımı üzerindeki etkileri incelendi.

Çalışmamız Adıyaman Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 19/11/2024 tarihli, 2024/9-13 protokol numarası ile onaylandı ve Adıyaman Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı ile Parsim Mühendislik Limited Şirketi tarafından gerçekleştirildi.

SEA, Intel® Xeon™ 2.4 GHz işlemcili ve 48 GB RAM bellekli bir iş istasyonunda gerçekleştirildi. Segmentasyon için Mimics (Materialise NV, Leuven, Belgium), ağ oluşturma ve ön-işleme için HyperMesh (Altair Engineering Inc., Troy, MI, USA) yazılımlarından, çözümler için Abaqus/Abaqus/Standard (Dassault Systèmes, Vélizy-Villacoublay, France) analiz programından yararlanılmış; sonuçların görselleştirilmesi Abaqus/CAE üzerinden yapıldı.

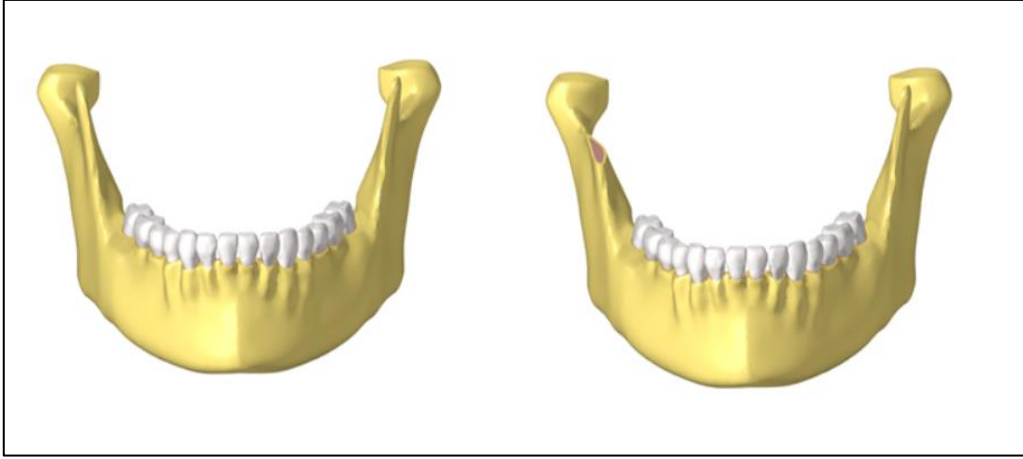
Üç boyutlu SEA gerçekleştirmek için aşağıdaki adımlar sırayla izlenmelidir.

- 1-Modellerin üç boyutlu olarak oluşturulması
- 2-Ağ yapısının oluşturulması
- 3- Elemanların ve düğüm sayılarının belirlenmesi
- 4- Sınır koşullarının belirlenmesi
- 5- Analizin gerçekleştirilmesi
- 6- Analizin çözülmesi

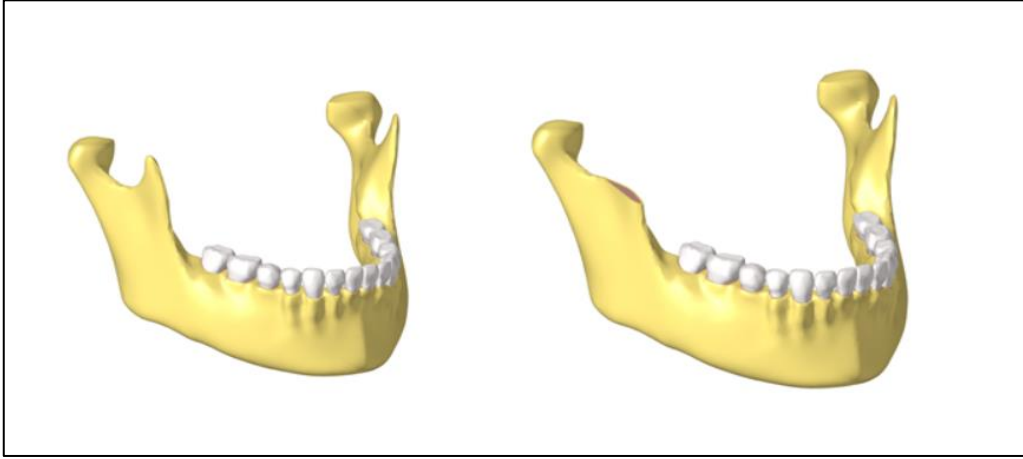
3.1. Üç Boyutlu Modellerin Oluşturulması

Mandibula geometrisi, insan anatomisine ait standart bir anatomik atlas esas alınarak modellendi. STL yüzey verileri, anatomik yapılar doğrultusunda dijital ortama aktarılmış ve ardından 3-matic yazılımı kullanılarak ön işleme ve düzenleme işlemleri yapıldı.

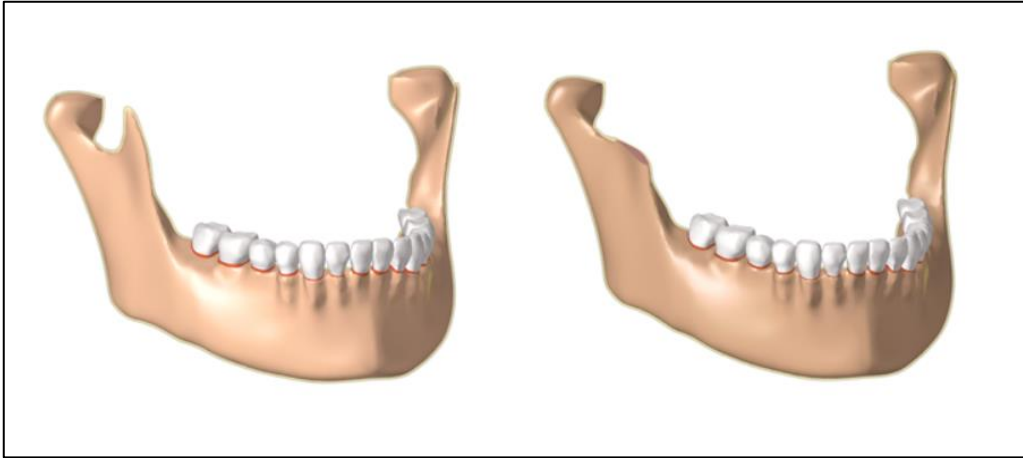
Model yalnızca kemik yapı değil, aynı zamanda kortikal ve spongiyöz kemik, diş ve periodontal ligament (PDL) yapılarını da içerecek şekilde kapsamlı olarak oluşturuldu.



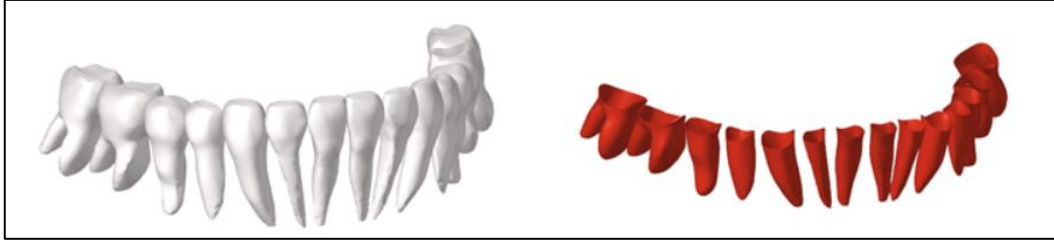
Şekil 3.1. *Kortikal kemik yapı ile oluşturulmuş kontrol modeli ve koronoidektomi modeli frontal görünüm*



Şekil 3.2. *Kortikal kemik yapı ile oluşturulmuş kontrol modeli ve koronoidektomi modeli lateral görünüm*



Şekil 3.3. *Spongiyoz kemik yapı ile oluşturulmuş kontrol modeli ve koronoidektomi modeli*



Şekil 3.4. *Dişler ve periodontal ligamentlerin modellenmesi*

Modellerin oluşturulmasının ardından, her bir anatomik yapıya, sistemin fiziksel özelliklerini doğru şekilde algılayabilmesi için ayrı ayrı materyal özellikleri tanımlandı. Bu kapsamda, her yapıya ait Poisson oranı ve elastiklik modülü değerleri, ilgili dokuların mekanik davranışlarını gerçeğe en yakın şekilde yansıtacak biçimde belirlendi.

Materyal özelliklerinin tanımlanmasında, literatürde yer alan verilerden yararlanıldı. (Tablo 3.1)'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. *Modelde tanımlanan dokuların mekanik özellikleri (A. Gupta vd., 2009; Javiya vd., 2025; Pegoretti vd., 2002; Rees & Jacobsen, 1997)*

Doku / Malzeme	Elastik Modül (E) [MPa]	Poisson Oranı (ν)
Kortikal kemik	13,700	0.30
Spongiyöz kemik	1,370	0.30
Diş (mine + dentin)	19,600	0.31
PDL	50	0.45

Tüm yapılar homojen, izotropik ve lineer elastik kabul edilerek analizlere dahil edildi. Çalışmada iki farklı model oluşturuldu:

- Kontrol modeli: Sağlıklı mandibula (koronoid proses mevcut)
- Koronoidektomi modeli: Tek taraflı (sağ) koronoidektomi uygulanmış mandibula

3.2. Ağ Yapısının Oluşturulması, Eleman ve Düğüm Sayılarının Belirlenmesi

SEA modellerinde, yapının analize uygun hale getirilebilmesi amacıyla model, küçük ve birbirine bağlı alt elemanlara ayrılmaktadır. Bu elemanlar, ana yapının geometrik özellikleriyle uyumludur ve her biri, bulundukları bölgeye özgü mekanik özellikleri temsil eder. SEA'da bu bölünme işlemi “ağ yapısı” veya “mesh” oluşturma olarak adlandırılır. Analizlerden elde edilecek sonuçların doğruluğu, ağ yapısının kalitesine doğrudan bağlıdır. Bu nedenle, eleman boyutlarının yeterince küçük seçilmesi ayrıntılı ve güvenilir sonuçlar

elde edilmesini sağlarken; eleman sayısının ise bilgisayar işlem kapasitesi ve çözüm süresi açısından en uygun (optimal) düzeyde tutulması gerekmektedir (Bathe, 2006; Ebrahimi, 2012b; J. Geng vd., 2008; J. P. A. Geng vd., 2001b; Shetty vd., t.y.; Sreekha & Bashetty, 2010).

Çalışmanın daha doğru ve güvenilir sonuçlar verebilmesi için, programın kapasitesi ve modelin boyutları göz önünde bulundurularak en uygun eleman sayısı seçilmiştir. Ancak eleman ve düğüm sayısının artması, çözüm süresini uzatmakta ve bazı durumlarda çözümü zorlaştırmaktadır. Deneyimler, belirli bir eleman boyutundan sonra sonuçlardaki değişimin minimal olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, çalışmada kritik bölgelerde küçük elemanlar, önemsiz bölgelerde ise daha büyük elemanlar kullanılmıştır.

Hazırlanan modeller, SEA için uygun hale getirilerek Abaqus yazılımına aktarılmıştır. Meshleme işlemi sırasında kortikal kemik ve spongiyoz kemik yapılarında daha hassas sonuçlar elde edebilmek için daha küçük eleman boyutları tercih edilmiştir. Mesh yapısı, dört yüzlü (tetrahedral) elemanlar kullanılarak oluşturulmuş; eleman sayısı, çözüm kararlılığı ve hesaplama süresi dikkate alınarak optimize edilmiştir.

Hazırlanan kontrol ve koronoidektomi modellerine ait sonlu eleman ağı (mesh) özellikleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. *Eleman sayısı, Düğüm sayısı ve Eleman tipleri*

Model	Eleman Sayısı	Düğüm (Node) Sayısı	Eleman Tipi
Kontrol Modeli	908,126	158,236	Tetrahedral
Koronoidektomi Modeli	918,980	160,043	Tetrahedral

Analizler lineer statik çözüm yöntemi ile gerçekleştirildi. Gerilme dağılımları, Von Mises, maksimum principal gerilme (Pmax) ve minimum principal gerilme (Pmin) kriterlerine göre değerlendirildi.

3.3. Yükleme Senaryoları

2000 Newton (N) kuvvet değeri, mandibula üzerine yapılan önceki sonlu eleman analizi çalışmalarında standart olarak kullanıldığından, bu çalışmada da aynı değer tercih edildi (Antic vd., 2015, 2016; Bezerra vd., 2013; Takada vd., 2006).

Her iki modele de üç farklı travmatik kuvvet senaryosu uygulandı:

1. Simfiz bölgesi: Frontal yönde 2000 N

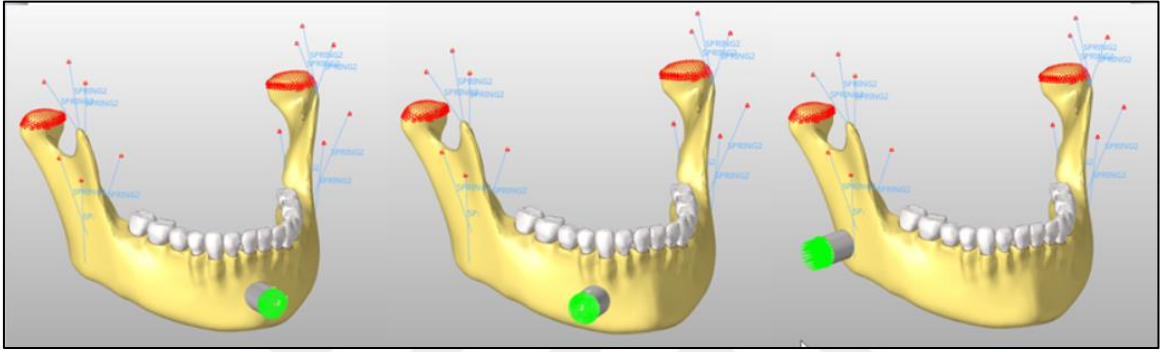
2. Parasimfiz bölgesi: Oblik yönde (posterior-superior açıyla) 2000 N

3. Angulus bölgesi: Lateral yönde (dıştan içe) 2000 N

Tüm kuvvetler, mandibula üzerinde 1 cm²'lik dairesel bir temas alanı üzerinden uygulandı.

Kuvvetler, her iki modele eşit büyüklükte ve yönlerde tanımlandı.

Kondil bölgesi tüm serbestlik dereceleri (6 DOF) sabitlenerek rijit destek sınır koşulu uygulandı.



Şekil 3.5. 2000 N'luk kuvvetin simfiz , parasimfiz ve angulus bölgelerine uygulanma alanları

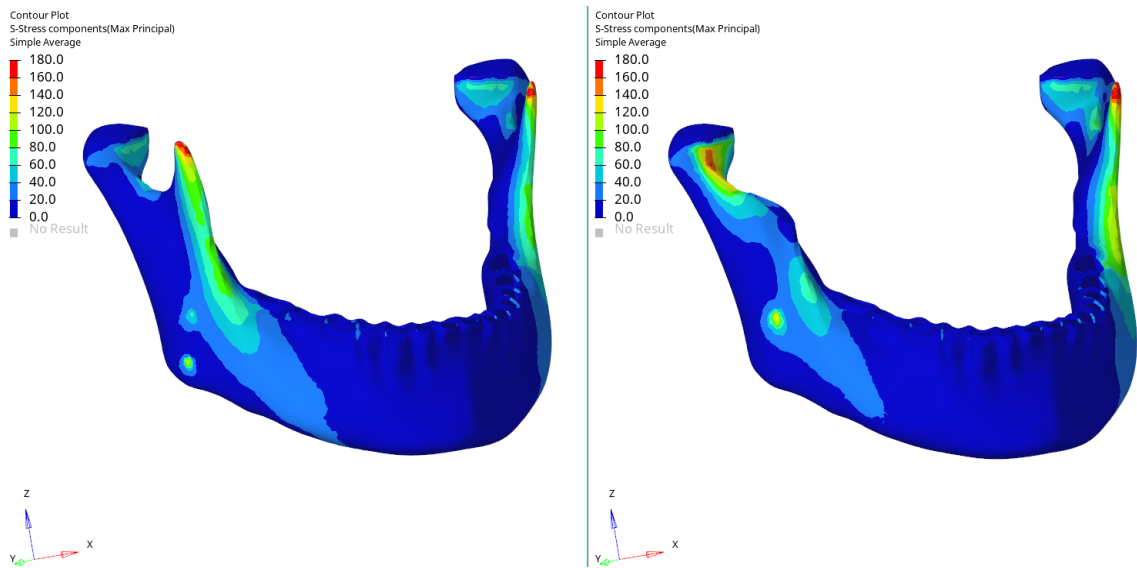
4. BULGULAR

Bu çalışmada, kontrol (koronoid proses mevcut) ve tek taraflı (sağ) koronoidektomi uygulanmış mandibula modelleri üzerinde, üç farklı travmatik yükleme senaryosu altında elde edilen Von Mises, Pmax ve Pmin gerilme dağılımları sağ ve sol kondil bölgeleri için ayrı ayrı incelenmiştir. Pmin değerleri, değerlendirme sürecinde mutlak değerler olarak ele alınmıştır.

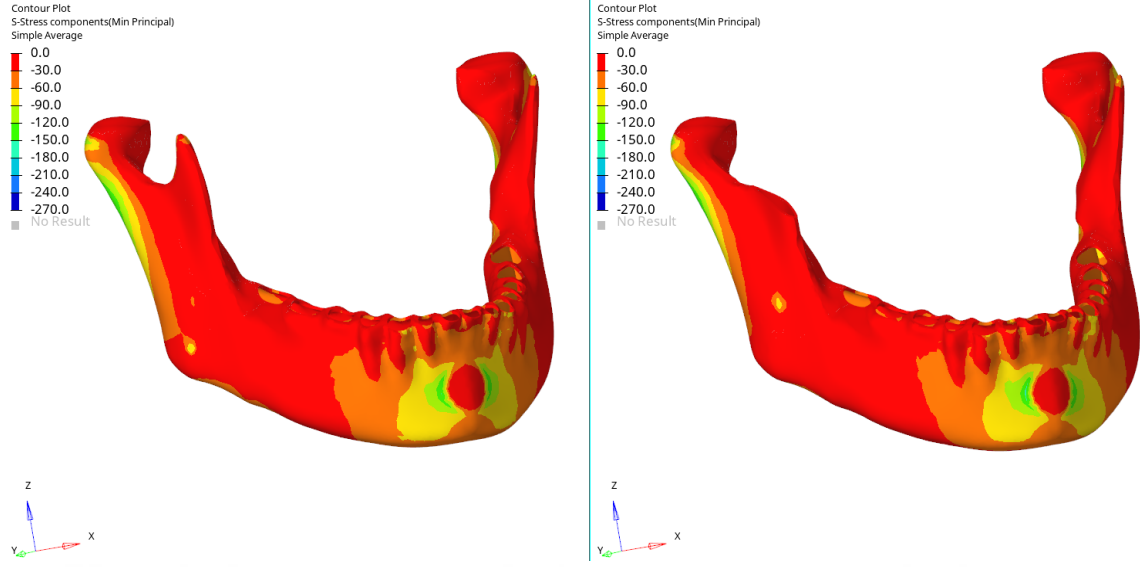
Elde edilen sonuçlar, mandibular kondil bölgesine etki eden stres düzeyleri ve gerilme dağılımının genel biçimi açısından karşılaştırılarak analiz edilmiştir.

4.1. Simfiz Bölgesi – Frontal Yükleme (2000 N)

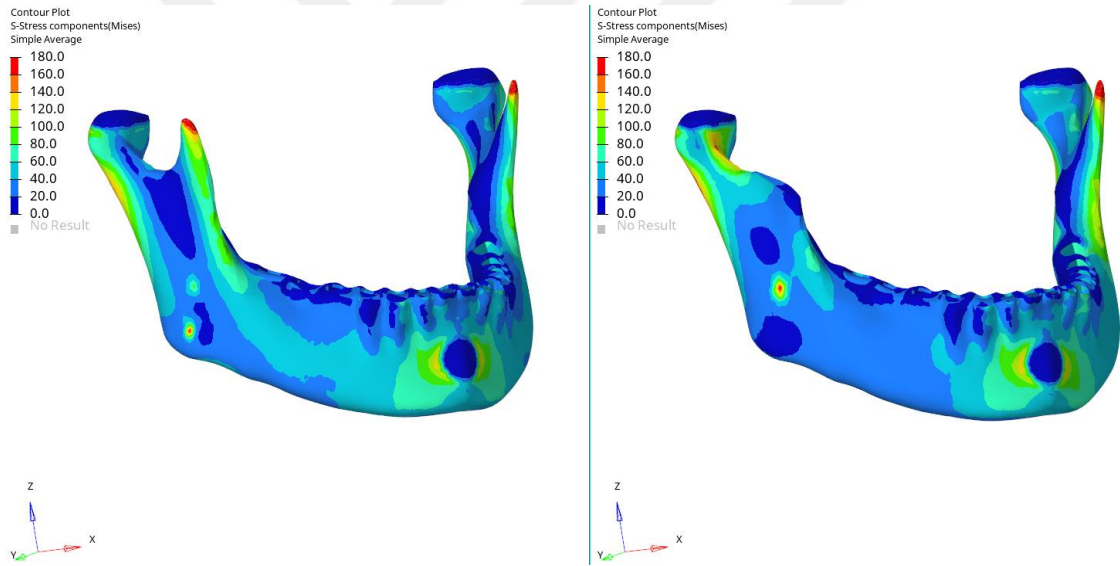
- Frontal yönde uygulanan 2000 N'luk yük altında, kontrol modelinde kondil bölgesinde daha dengeli bir stres dağılımı gözlenmiştir.
- Koronoidektomi modelinde ise özellikle kondil boynu ve eklem bölgesinde Von Mises gerilmesi belirgin şekilde artmıştır.
- Pmax değerlerinde kondil yüzeyinde daha yoğun çekme gerilmesi tespit edilmiştir.
- Pmin değerlerinde kontrol modelinde gerilme daha homojen iken, koronoidektomi modelinde kondil boynu bölgesinde yoğun basınç stresleri oluşmuştur.
- Kondil bölgesindeki stres dağılımı analizi, koronoidektomi sonrası yük aktarımının daha sınırlı alana yoğunlaştığını gösterdi.



Şekil 4.1. Simfiz bölgesindeki frontal yüklemede Pmax lateral görünüm(sağ)



Şekil 4.2. Simfiz bölgesindeki frontal yüklemde P_{min} lateral görünüm(sağ)

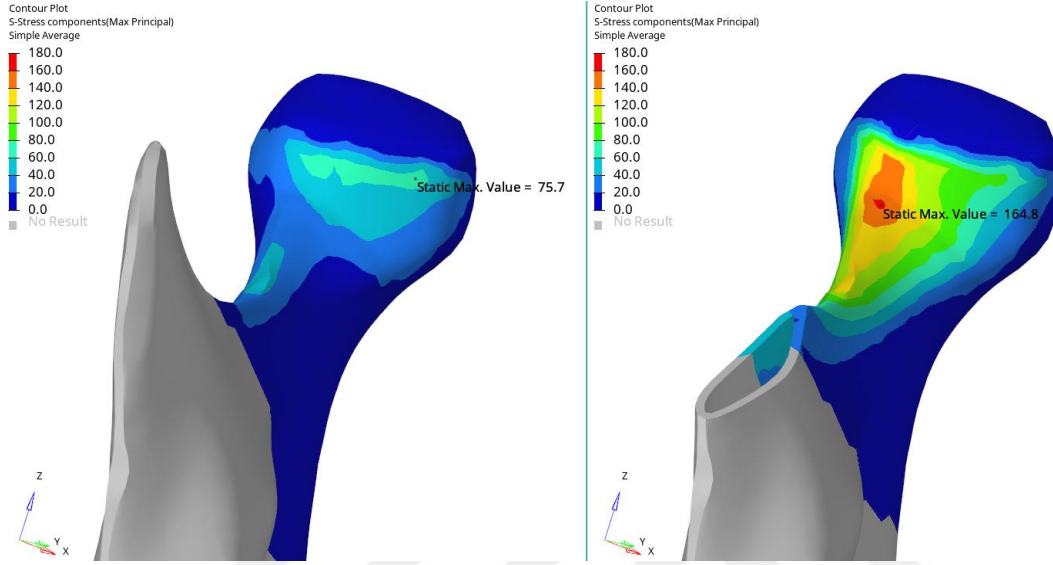


Şekil 4.3. Simfiz bölgesindeki frontal yüklemde Von Mises lateral görünüm(sağ)

Tablo 4.1. Sağ taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki, simfiz bölgesine uygulanan frontal kuvvet sonrası kondil bölgesindeki P_{max} , P_{min} ve Von Mises değerleri

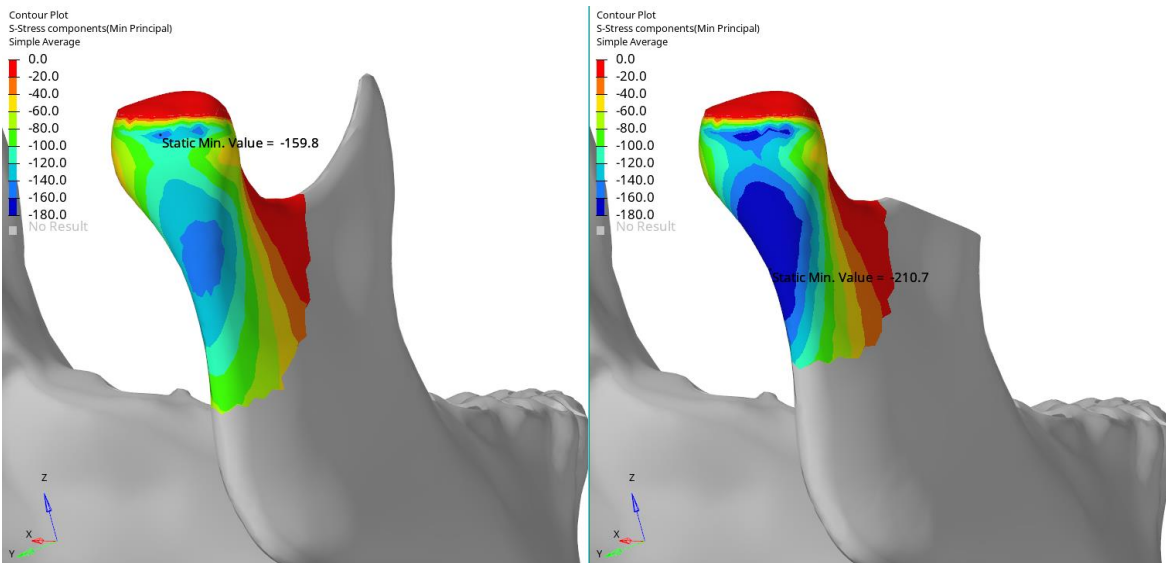
Model	P_{max} (MPa)	P_{min} (MPa)	Von Mises (MPa)
Kontrol Modeli	75.7	-159.8	149.1
Koronoidektomi Modeli	164.8	-210.7	210.5

Simfiz bölgesine uygulanan 2000 N'luk frontal kuvvet sonrası sağ taraftaki kontrol modelinin kondil bölgesinde Pmax 75.7 MPa olarak ölçülürken, koronoidektomi modelinin kondil bölgesindeki Pmax 164.8 MPa ölçülerek belirgin artış göstermiştir (Şekil 4.4).



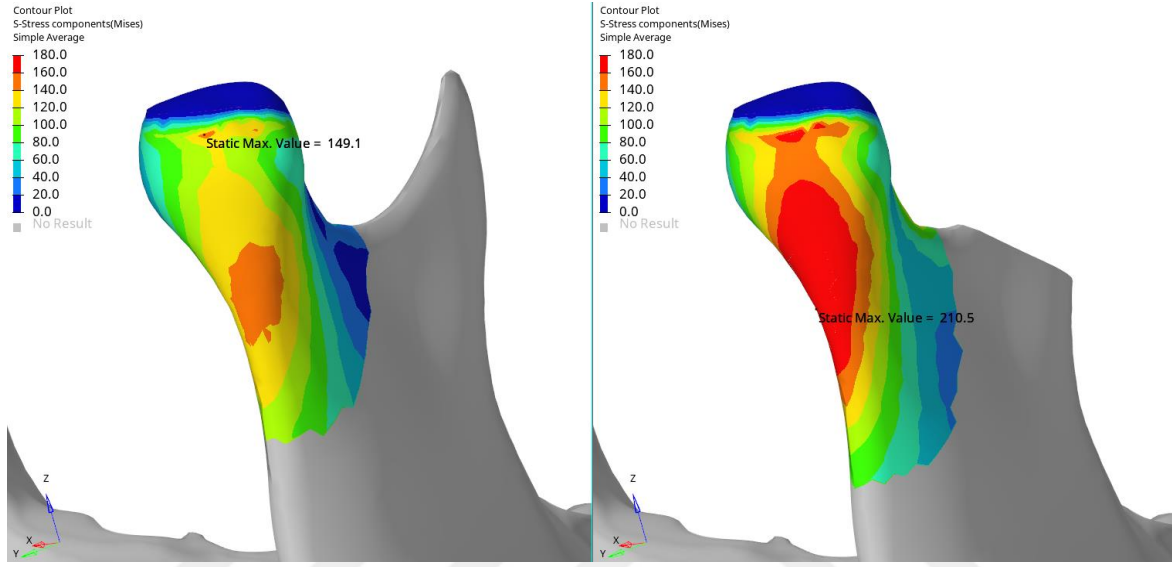
Şekil 4.4. Sağ taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmax değerleri

Simfiz bölgesine uygulanan 2000 N'luk frontal kuvvet sonrası sağ taraftaki kontrol modelinin kondil bölgesinde Pmin -159.8 MPa olarak ölçülürken, koronoidektomi modelinin kondil bölgesindeki Pmin -210.7 MPa ölçülerek belirgin artış göstermiştir (Şekil 4.5).

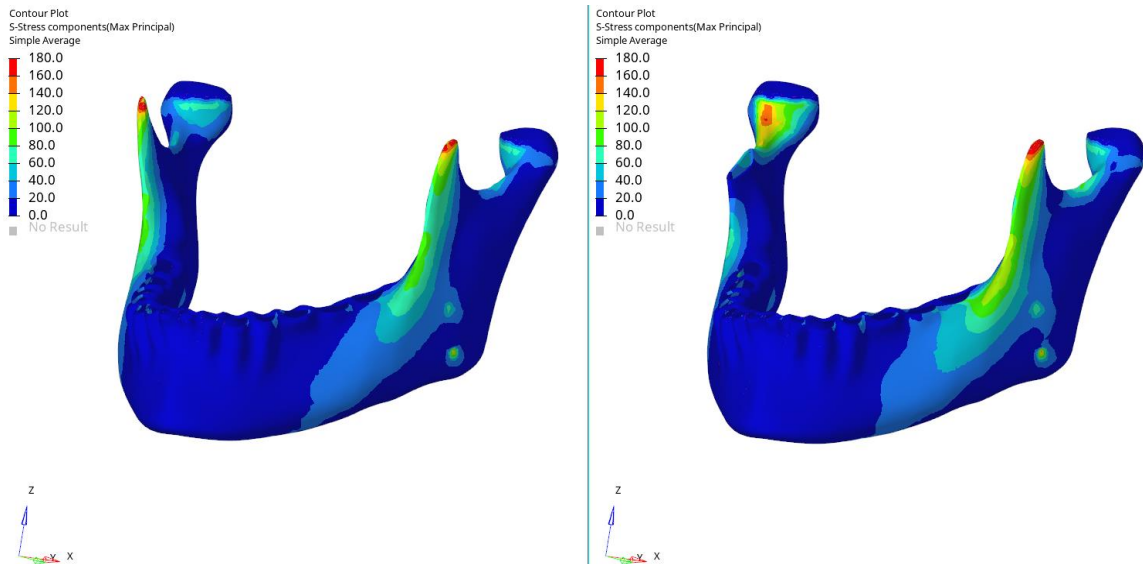


Şekil 4.5. Sağ taraf kontrol koronoidektomi modellerindeki Pmin değerleri

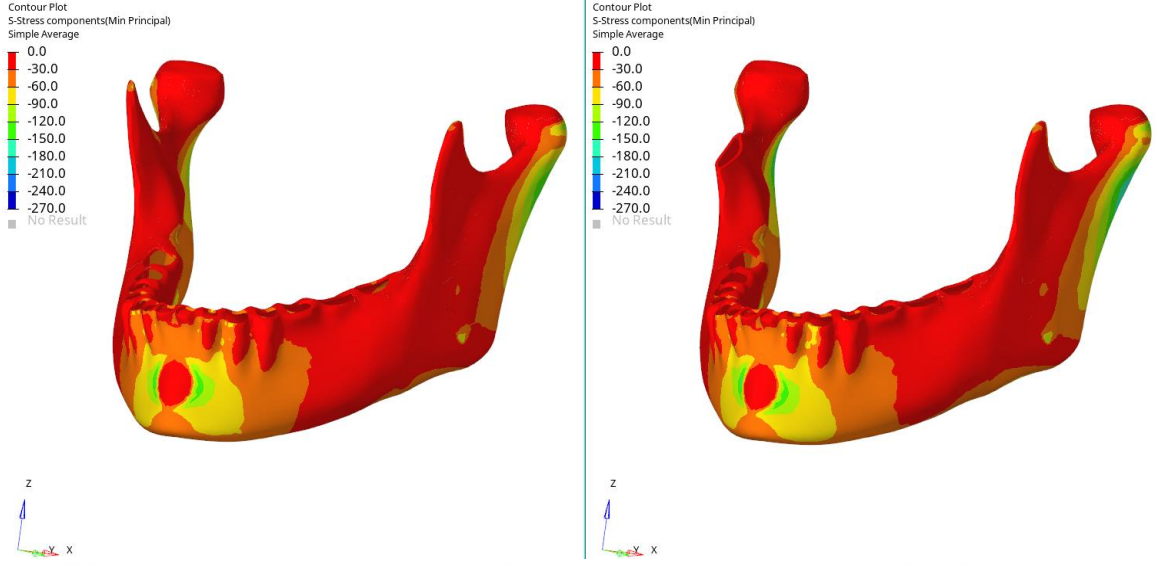
Simfiz bölgesine uygulanan 2000 N'luk frontal kuvvet sonrası sağ taraftaki kontrol modelinin kondil bölgesinde Von Mises değeri 149.1 MPa olarak ölçülürken, koronoidektomi modelinin kondil bölgesindeki Von Mises değeri 210.5 MPa ölçülerek belirgin artış göstermiştir (Şekil 4.6).



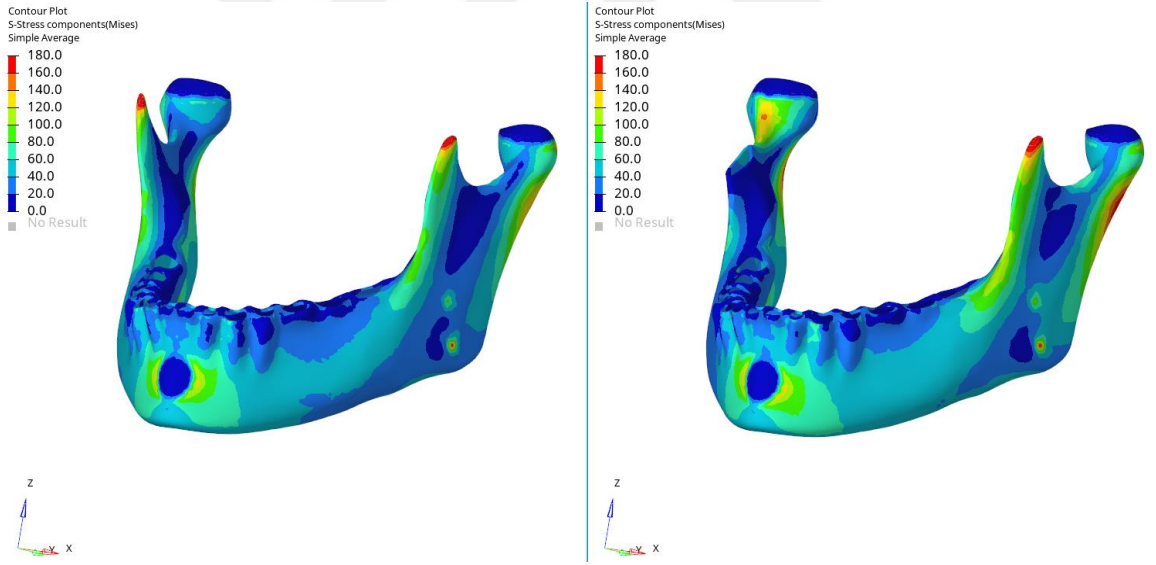
Şekil 4.6. Sağ taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Von Mises değerleri



Şekil 4.7. Simfiz bölgesindeki frontal yüklemde Pmax lateral görünüm(sol)



Şekil 4.8. Simfiz bölgesindeki frontal yüklemde Pmin lateral görünüm(sol)

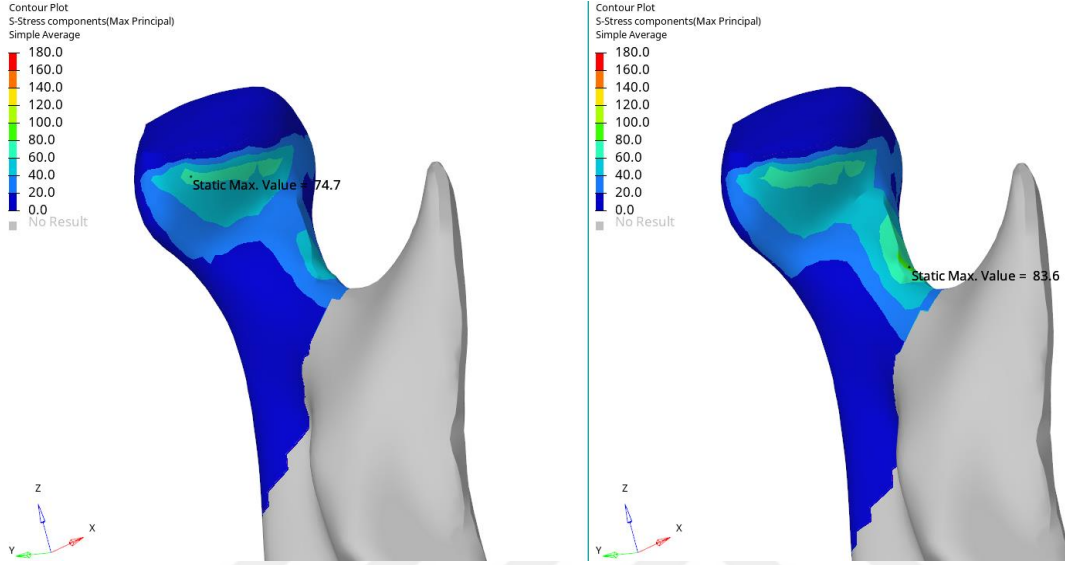


Şekil 4.9. Simfiz bölgesindeki frontal yüklemde Von Mises lateral görünüm(sol)

Tablo 4.2. Sol tarafta, simfiz bölgesine uygulanan frontal kuvvet sonrasında, kontrol ve koronoidektomi modellerinde kondil bölgesine ait Pmax, Pmin ve Von Mises değerleri

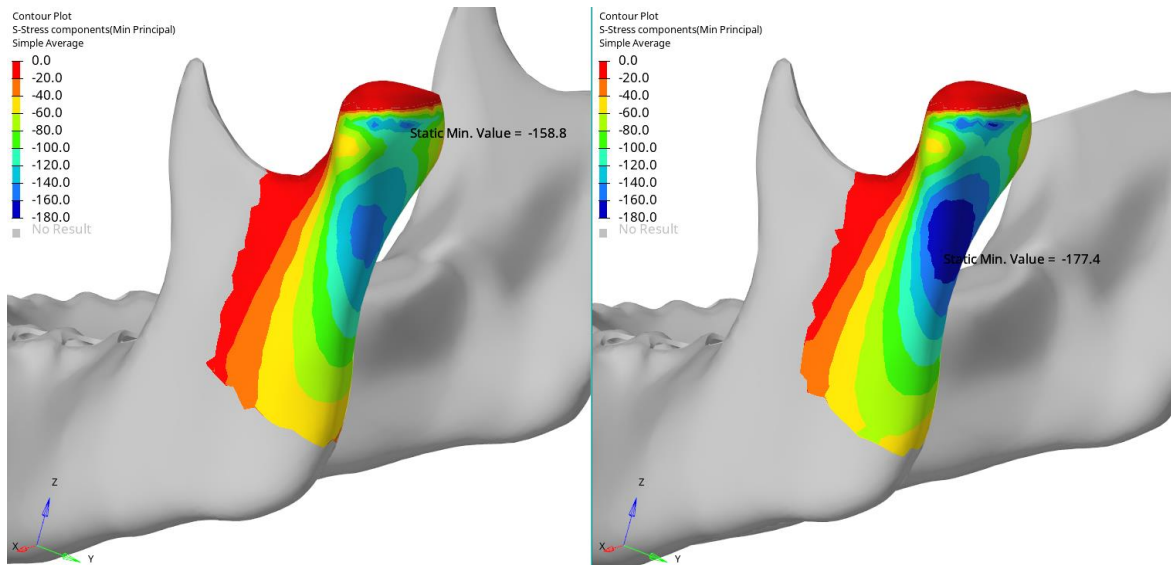
Model	Pmax (MPa)	Pmin (MPa)	Von Mises (MPa)
Kontrol Modeli	74.7	-158.8	148.3
Koronoidektomi Modeli	83.6	-177.4	178.6

Simfiz bölgesine uygulanan 2000 N'luk frontal kuvvet sonrası sol taraftaki kontrol modelinin kondil bölgesinde Pmax değeri 74.7 MPa olarak ölçülürken, koronoidektomi modelinin kondil bölgesindeki Pmax değeri 83.6 MPa ölçülerek artış göstermiştir (Şekil 4.10).



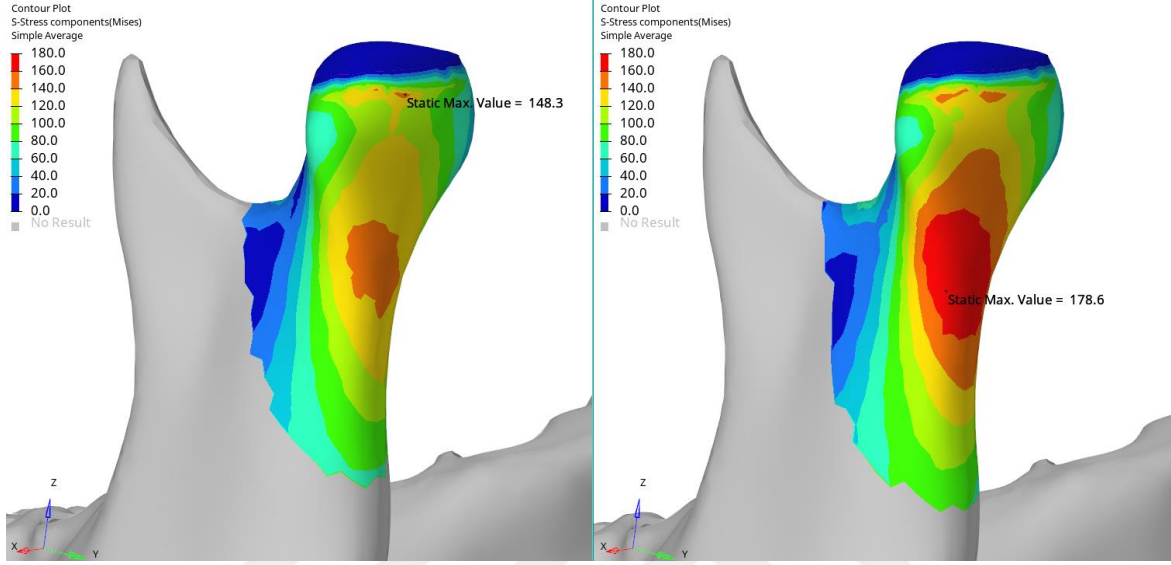
Şekil 4.10. Sol taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmax değerleri

Simfiz bölgesine uygulanan 2000 N'luk frontal kuvvet sonrası sol taraftaki kontrol modelinin kondil bölgesinde Pmin değeri -158.8 MPa olarak ölçülürken, koronoidektomi modelinin kondil bölgesindeki Pmin değeri -177.4 MPa ölçülerek artış göstermiştir (Şekil 4.11).



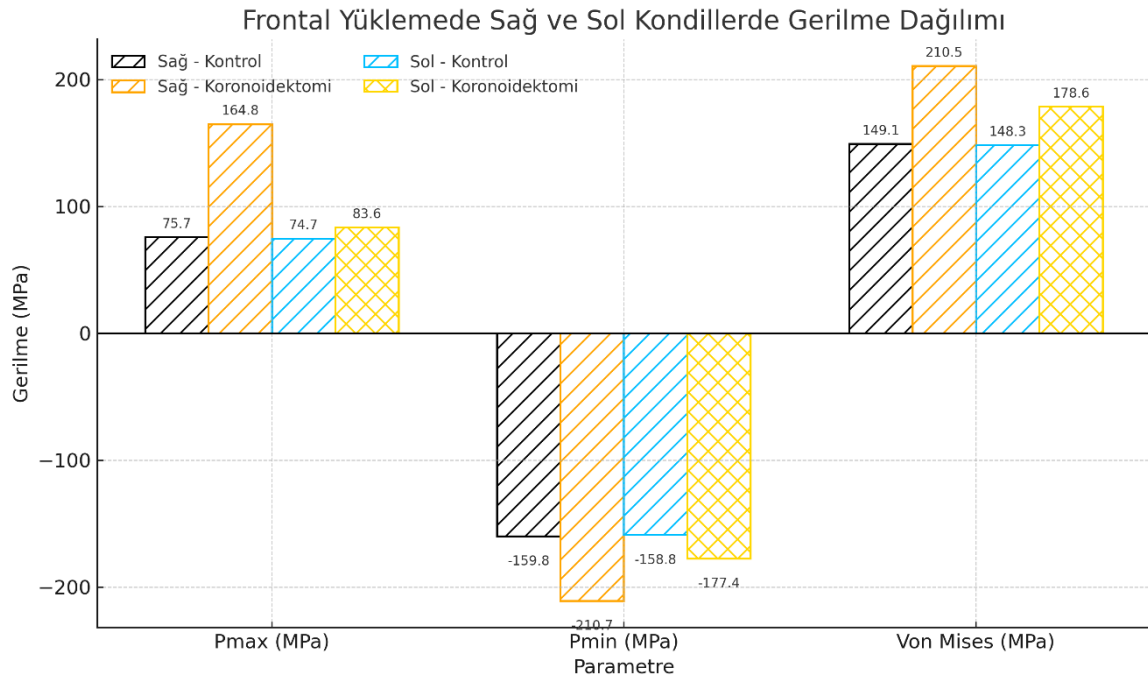
Şekil 4.11. Sol taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmin değerleri

Simfiz bölgesine uygulanan 2000 N'luk frontal kuvvet sonrası sol taraftaki kontrol modelinin kondil bölgesinde Von Mises değeri -158.8 MPa olarak ölçülürken, koronoidektomi modelinin kondil bölgesindeki Von Mises değeri -177.4 MPa ölçülerek artış göstermiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Sol taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Von Mises değerleri

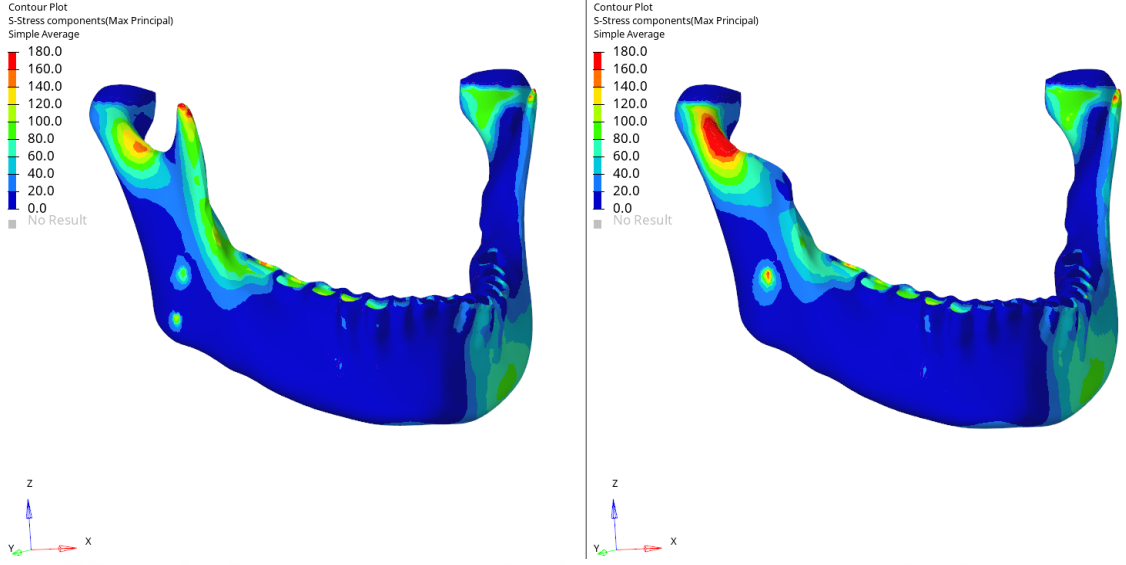
Simfiz bölgesine uygulanan 2000 N'luk frontal kuvvet sonrası koronoidektomi modelinde kondil bölgelerinde tüm gerilme parametrelerinde artış gözlenmiştir. Özellikle sağ kondil bölgesinde, kontrol modeline kıyasla Pmax, Pmin ve Von Mises gerilme değerlerinde belirgin bir artış görülmüştür. Benzer şekilde, sol kondilde de tüm parametrelerde artış eğilimi izlenmiştir (Şekil 4.13).



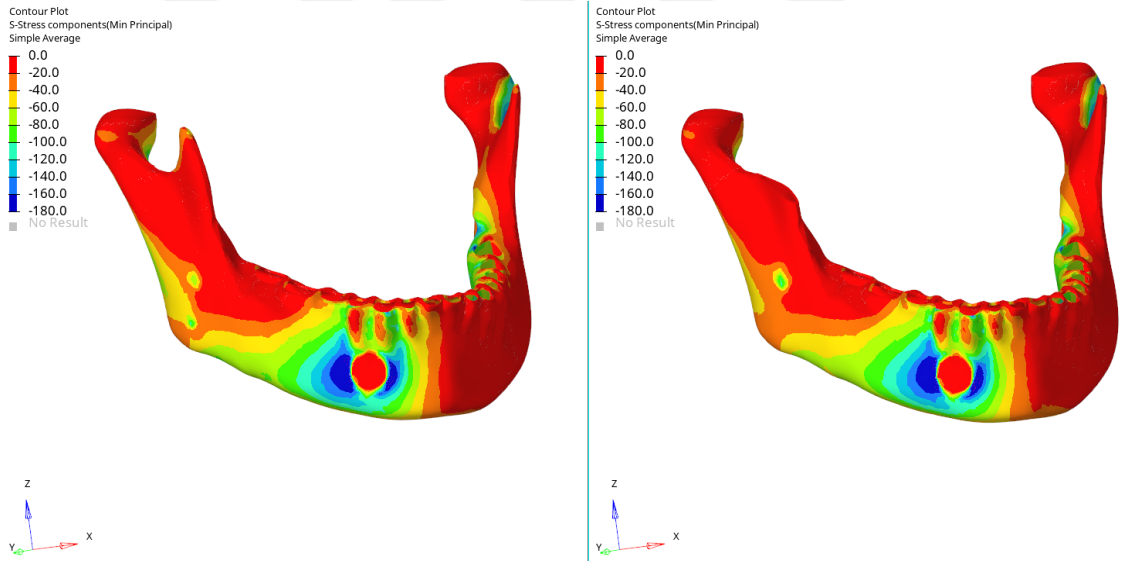
Şekil 4.13. *Frontal yüklemede Kondil (Sağ & Sol) – Kontrol ve Koronoidektomi Modellerinde Gerilme Karşılaştırması*

4.2. Parasimfiz Bölgesi – Oblik Yükleme (2000 N)

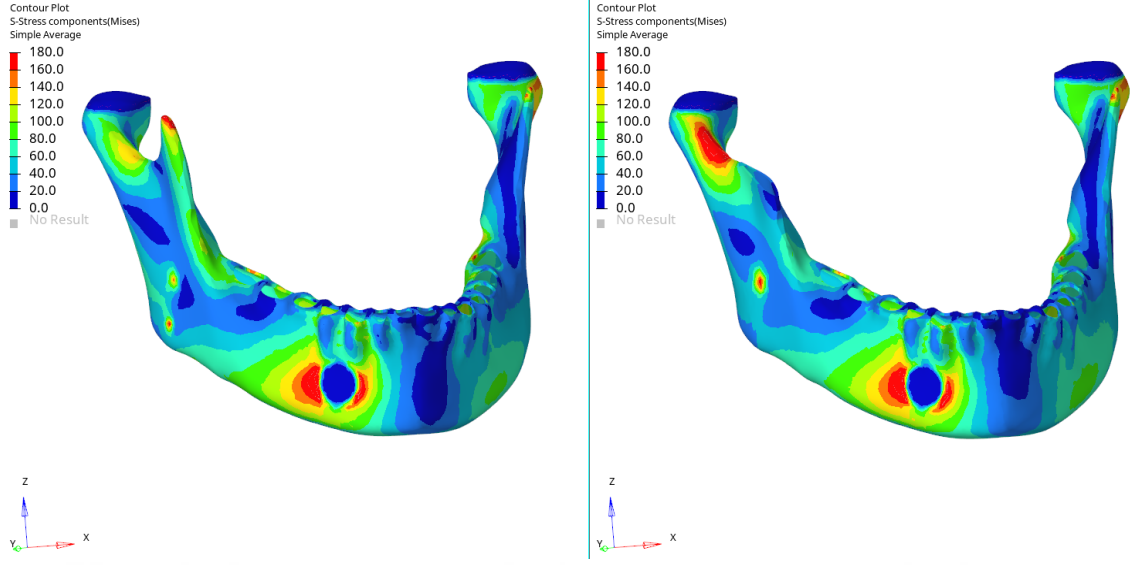
- Oblik yönde gelen kuvvetle birlikte, koronoidektomi modelinde özellikle tek taraflı (sağ tarafta) stres birikimi artmıştır.
- Von Mises dağılımı, koronoidektomi modelinde asimetrik hale gelmiş; sağ ve sol taraf arasında belirgin fark oluşmuştur.
- Pmax değerlerinde koronoidektomi modelinde çekme stresleri eklem yüzeyine daha yakın ve daha yüksek yoğunlukta izlenmiştir.
- Pmin değerleri de yine koronoidektomi modelinde daha lokalize şekilde, ramus–kondil birleşim hattında yoğunlaşmıştır.



Şekil 4.14. Parasimfiz bölgesindeki oblik yüklemde Pmax lateral görünüm(sağ)



Şekil 4.15. Parasimfiz bölgesindeki oblik yüklemde Pmin lateral görünüm(sağ)

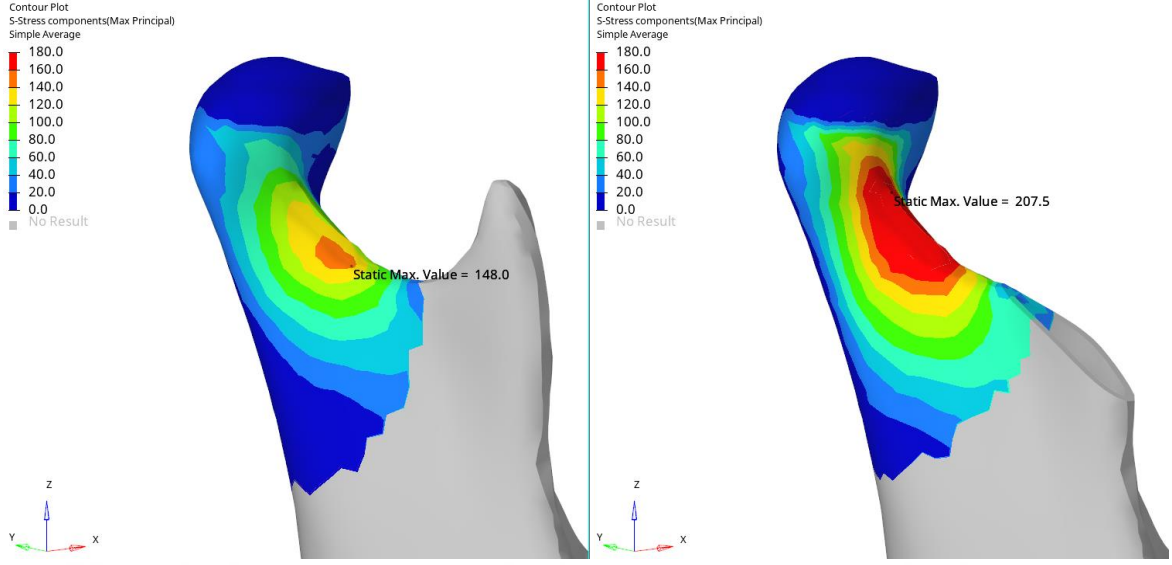


Şekil 4.16. Parasimfiz bölgesindeki oblik yüklemde Von Mises lateral görünüm(sağ)

Tablo 4.3. Sağ taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki, parasimfiz bölgesinden uygulanan oblik kuvvet sonrası kondil bölgesindeki Pmax, Pmin ve Von Mises değerleri;

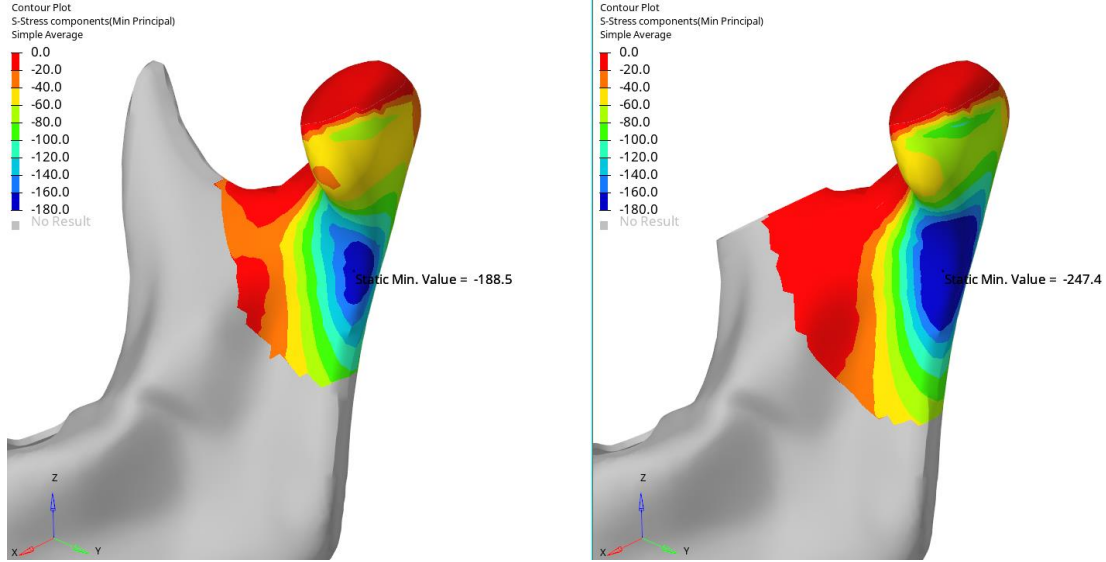
Model	Pmax (MPa)	Pmin (MPa)	Von Mises (MPa)
Kontrol Modeli	148	-188.5	185.8
Koronoidektomi Modeli	207.5	-247.4	242.2

Parasimfiz bölgesine uygulanan 2000 N’luk oblik kuvvet sonrası sağ taraftaki kontrol modelinin kondil bölgesinde Pmax değeri 148.0 MPa olarak ölçülürken, koronoidektomi modelinin kondil bölgesindeki Pmax değeri 207.5 MPa ölçülerek artış göstermiştir (Şekil 4.17).



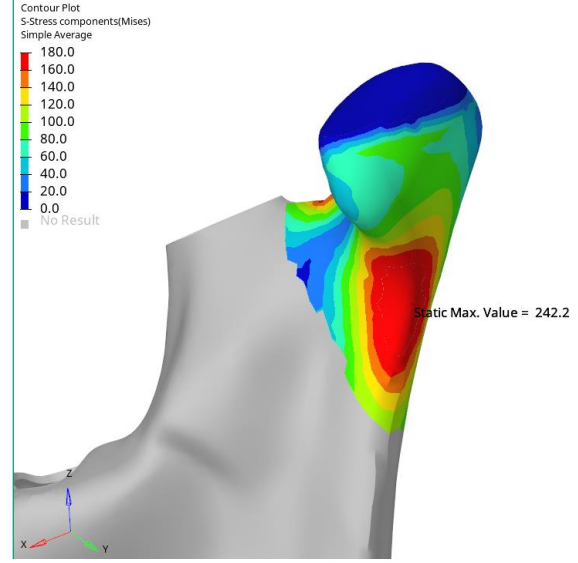
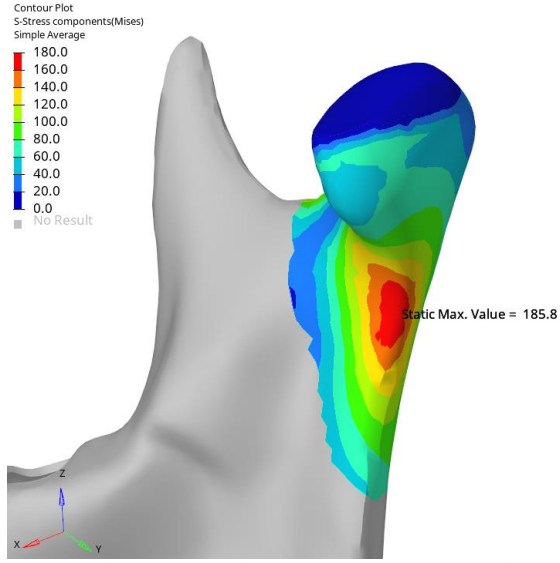
Şekil 4.17. Sağ taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmax değerleri

Parasimfiz bölgesine uygulanan 2000 N’luk oblik kuvvet sonrası sağ taraftaki kontrol modelinin kondil bölgesinde Pmin değeri -188.5 MPa olarak ölçülürken, koronoidektomi modelinin kondil bölgesindeki Pmin değeri -247.4 MPa ölçülerek artış göstermiştir (Şekil 4.18).

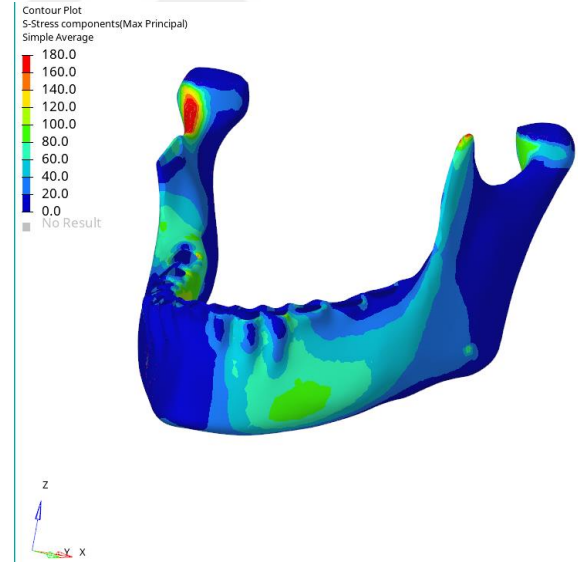
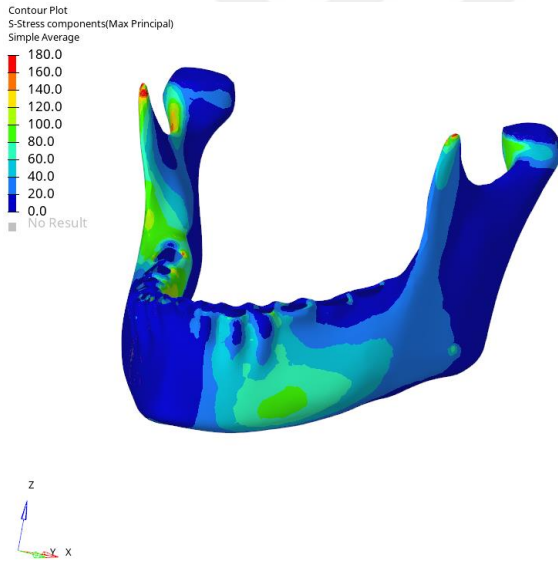


Şekil 4.18. Sağ taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmin değerleri

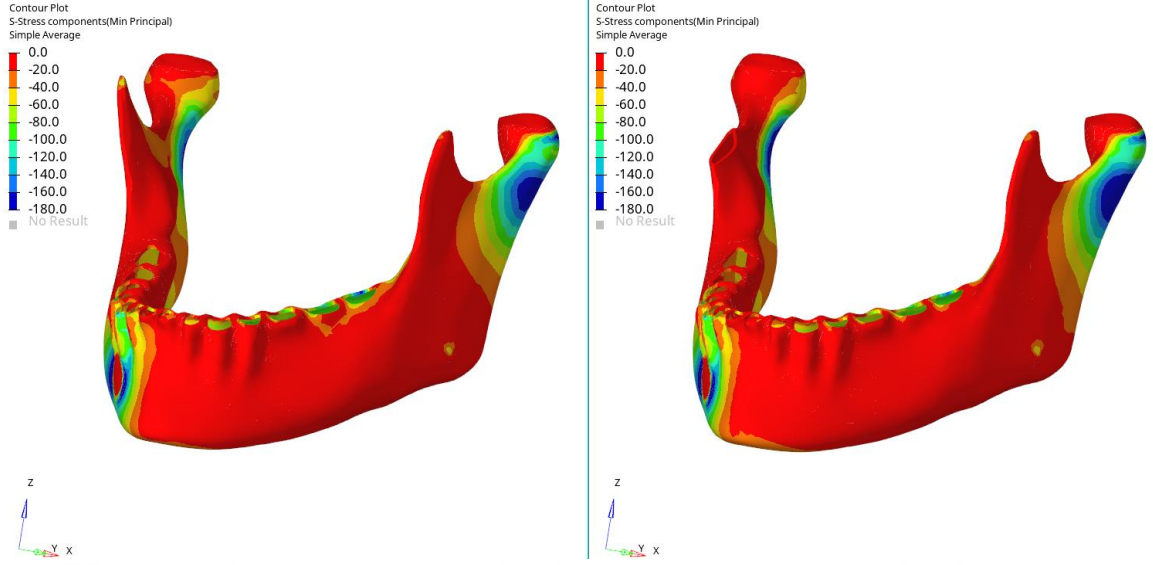
Parasimfiz bölgesine uygulanan 2000 N’luk oblik kuvvet sonrası sağ taraftaki kontrol modelinin kondil bölgesinde Von Mises değeri 185.8 MPa olarak ölçülürken, koronoidektomi modelinin kondil bölgesindeki Von Mises değeri 242.2 MPa ölçülerek artış göstermiştir (Şekil 4.19).



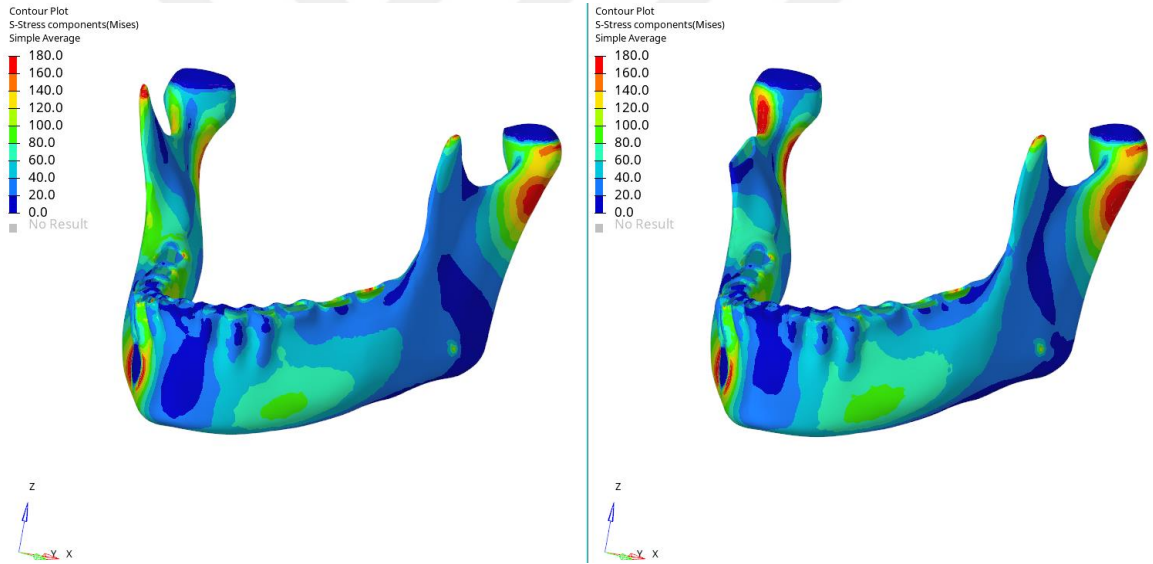
Şekil 4.19. Sağ taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Von Mises değerleri



Şekil 4.20. Parasimfiz bölgesindeki oblik yüklemde Pmax lateral görünüm(sol)



Şekil 4.21. Parasimfiz bölgesindeki oblik yüklemde P_{min} lateral görünüm(sol)

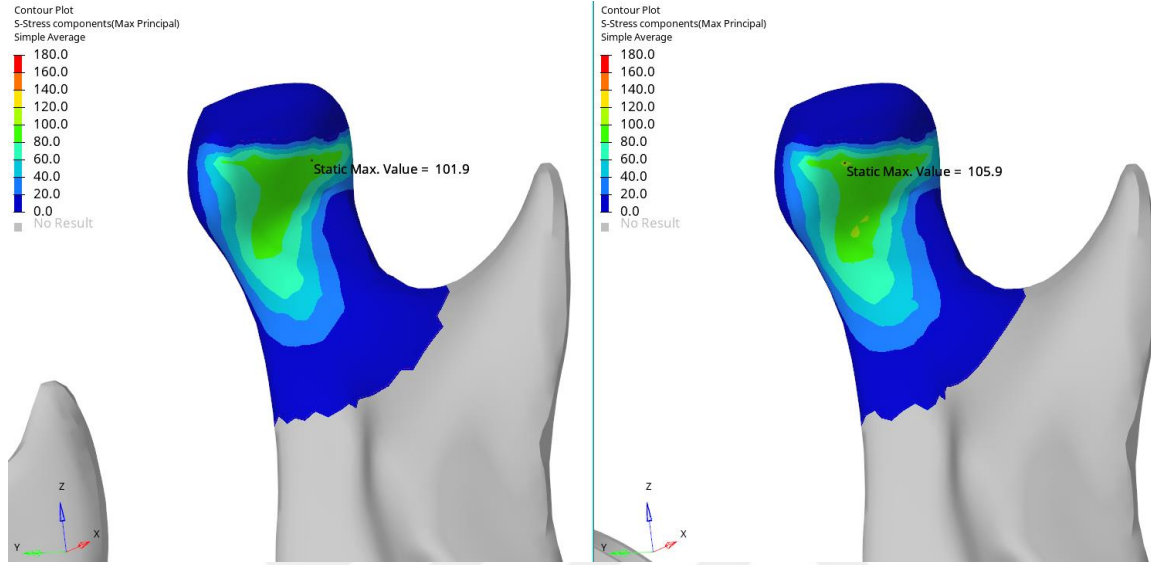


Şekil 4.22. Parasimfiz bölgesindeki oblik yüklemde Von Mises lateral görünüm(sol)

Tablo 4.4. Sol tarafta kontrol ve koronoidektomi modellerindeki parasimfiz bölgesinden uygulanan oblik kuvvet sonrası kondil bölgesindeki P_{max} , P_{min} ve Von Mises değerleri;

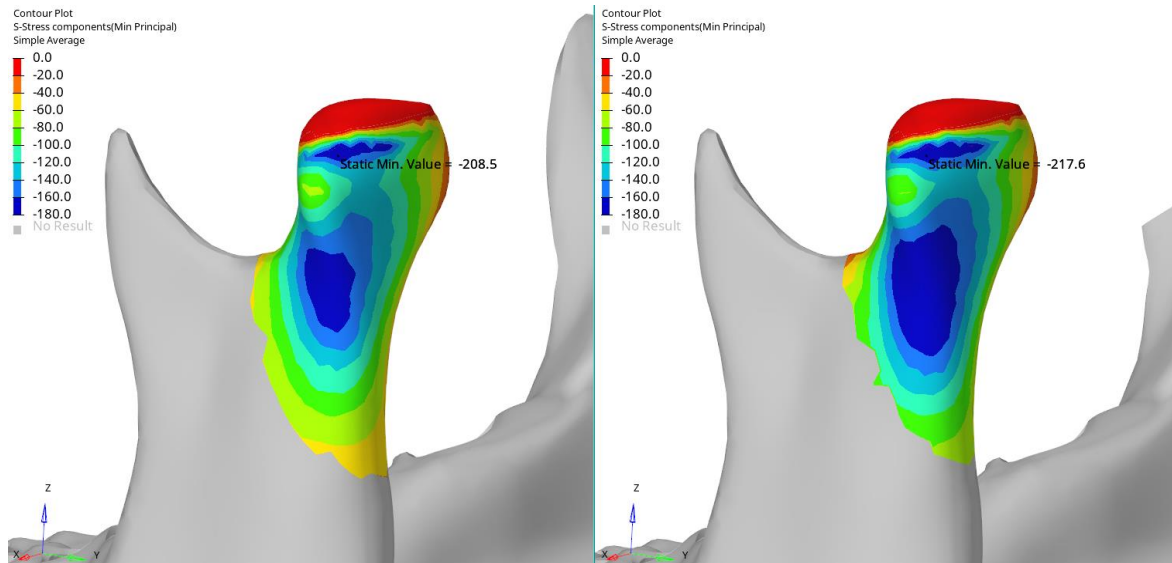
Model	P_{max} (MPa)	P_{min} (MPa)	Von Mises (MPa)
Kontrol Modeli	101.9	-208.5	205.7
Koronoidektomi Modeli	105.9	-217.6	213.6

Parasimfiz bölgesine uygulanan 2000 N'luk oblik kuvvet sonrası sol taraftaki kontrol modelinin kondil bölgesinde Pmax değeri 101.9 MPa olarak ölçülürken, koronoidektomi modelinin kondil bölgesindeki Pmax değeri 105.9 MPa ölçülerek az da olsa artış göstermiştir (Şekil 4.23).



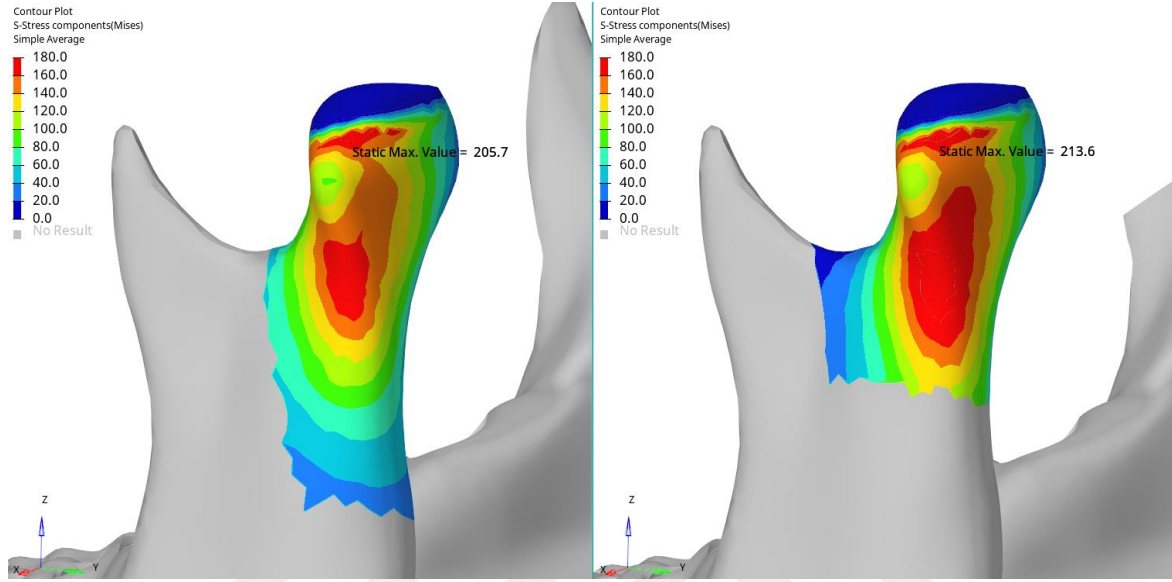
Şekil 4.23. Sol taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmax değerleri

Parasimfiz bölgesine uygulanan 2000 N'luk oblik kuvvet sonrası sol taraftaki kontrol modelinin kondil bölgesinde Pmin değeri -208.5 MPa olarak ölçülürken, koronoidektomi modelinin kondil bölgesindeki Pmin değeri -217.6 MPa ölçülerek az da olsa artış göstermiştir (Şekil 4.24).



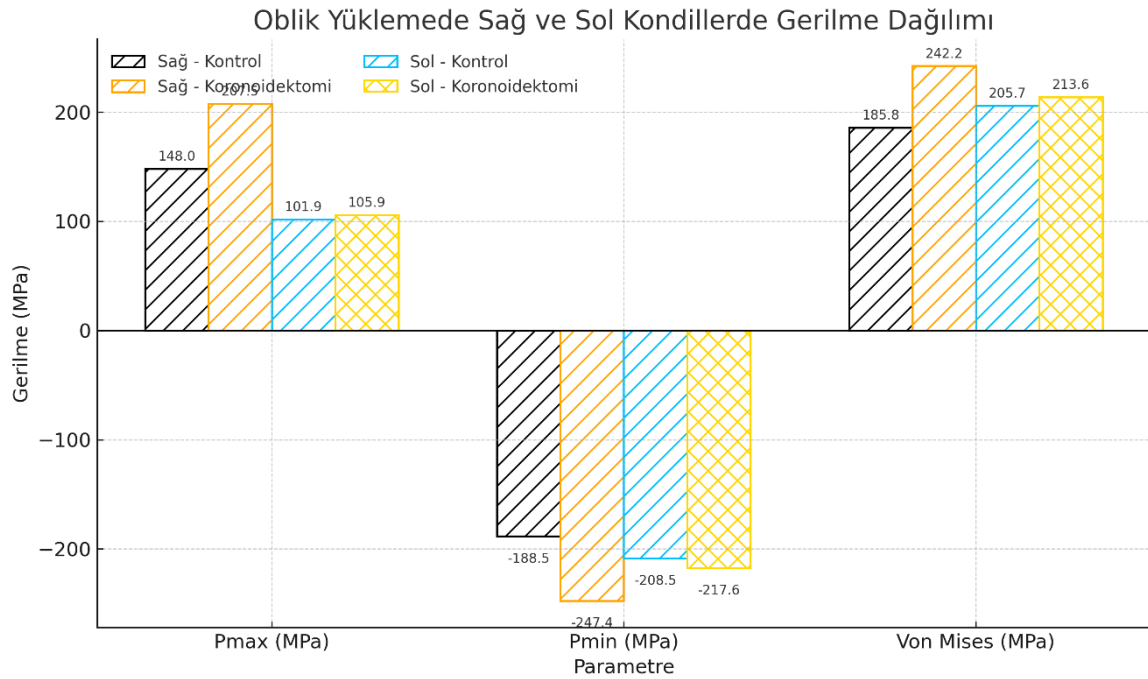
Şekil 4.24. Sol taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmin değerleri

Parasimfiz bölgesine uygulanan 2000 N'luk oblik kuvvet sonrası sol taraftaki kontrol modelinin kondil bölgesinde Von Mises değeri 205.7 MPa olarak ölçülürken, koronoidektomi modelinin kondil bölgesindeki Von Mises değeri 213.6 MPa ölçülerek az da olsa artış göstermiştir (Şekil 4.25).



Şekil 4.25. Sol taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Von Mises değerleri

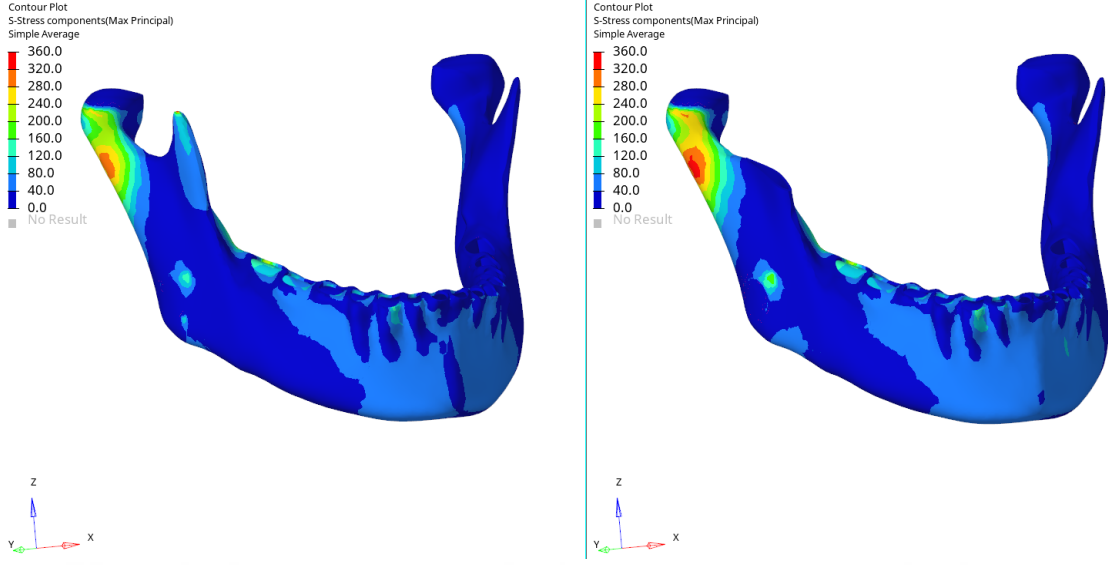
Oblik yükleme koşullarında sağ ve sol kondil bölgelerinde kontrol ve koronoidektomi modelleri karşılaştırıldığında, koronoidektomi modelinde her iki kondilde de Pmax, Pmin ve Von Mises gerilme değerlerinde artış gözlenmiştir. Sağ kondildeki artışlar sol kondile kıyasla daha belirgin olup, genel olarak koronoidektomi modelinde her iki bölgede de tüm gerilme parametrelerinde yükselme eğilimi görülmüştür (Şekil 4.26).



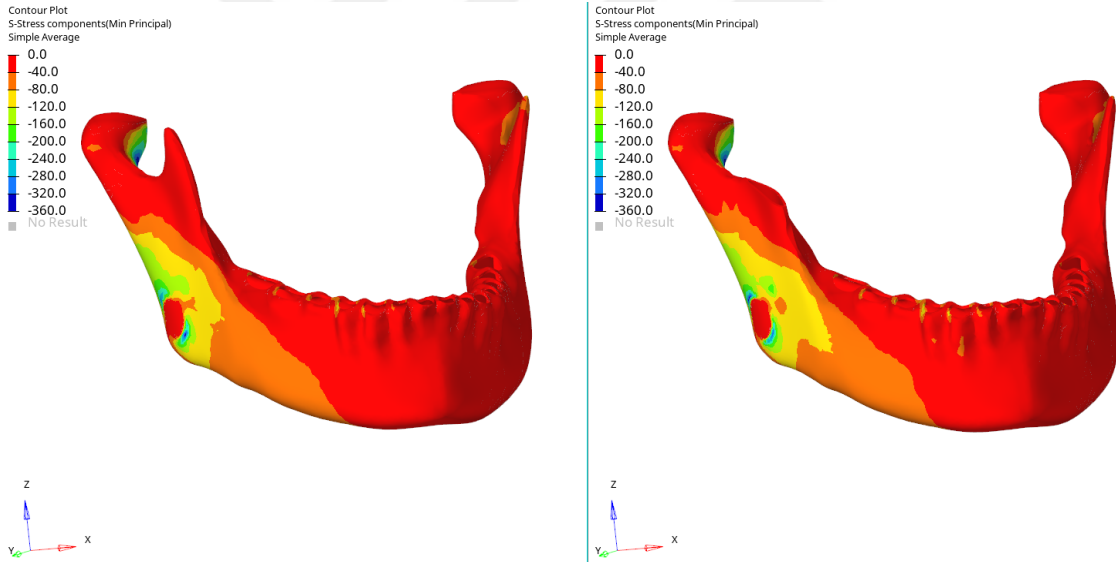
Şekil 4.26. Oblik yüklemede Kondil (Sağ & Sol) – Kontrol ve Koronoidektomi Modellerinde Gerilme Karşılaştırması

4.3. Angulus Bölgesi – Lateral Yükleme (2000 N)

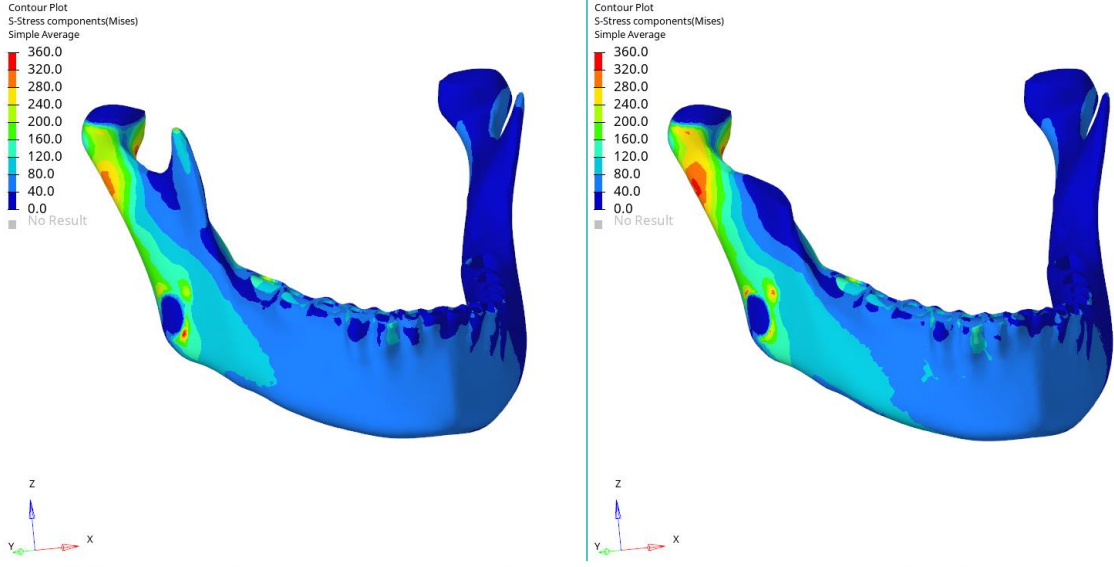
- Lateral yönde kuvvet uygulanmasında, kontrol modelinde yük daha geniş yüzeylere yayılmış, koruyucu kas etkisi ile stres yoğunluğu azalmıştır.
- Koronoidektomi modelinde ise lateral kuvvetin etkisi doğrudan kondil lateral yüzeyi ve boynuna yönelmiş, Von Mises gerilmesi bariz artmıştır.
- Pmax değerlerinde özellikle kondil boynu çevresinde şiddetli çekme stresleri saptanmıştır.
- Pmin stresleri de koronoidektomi modelinde yoğunlaşmış ve kontrol modeline göre daha düzensiz bir dağılım göstermiştir.
- Kondil bölgesindeki stres analizi sonuçları, lateral kuvvetin kontrol modelinde yumuşatıldığını; koronoidektomi modelinde ise doğrudan kondil bölgesine iletilildiğini ortaya koymuştur.



Şekil 4.27. Angulus bölgesindeki lateral yüklemde P_{max} lateral görünüm(sağ)



Şekil 4.28. Angulus bölgesindeki lateral yüklemde P_{min} lateral görünüm(sağ)

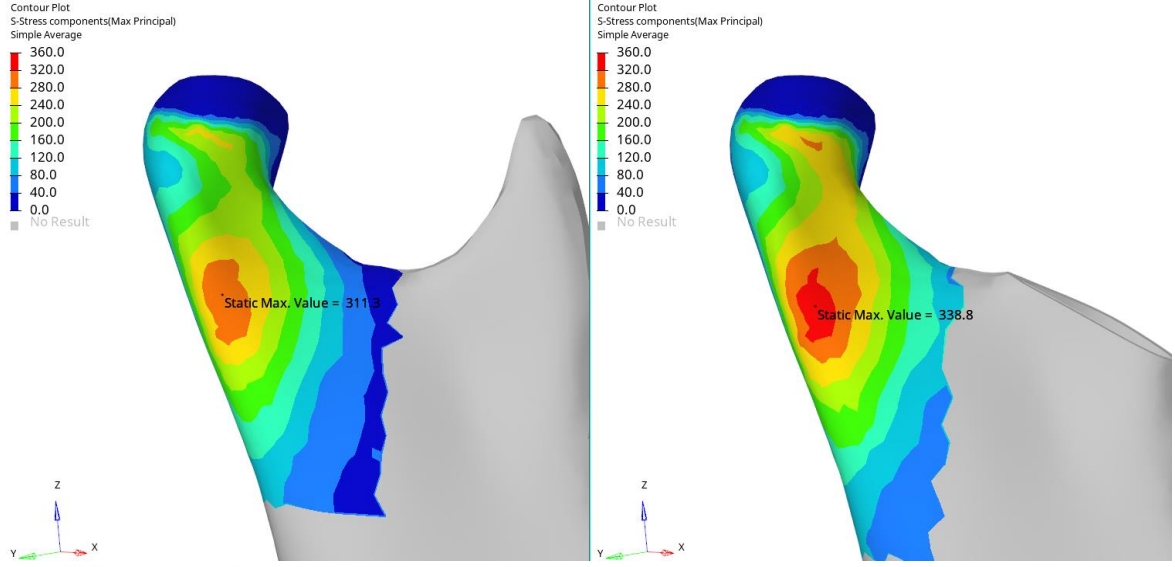


Şekil 4.29. Angulus bölgesindeki lateral yüklemde Von Mises lateral görünüm(sağ)

Tablo 4.5. Sağ tarafta kontrol ve koronoidektomi modellerindeki,angulus bölgesinden uygulanan lateral kuvvet sonrası kondil bölgesindeki Pmax, Pmin ve Von Mises değerleri;

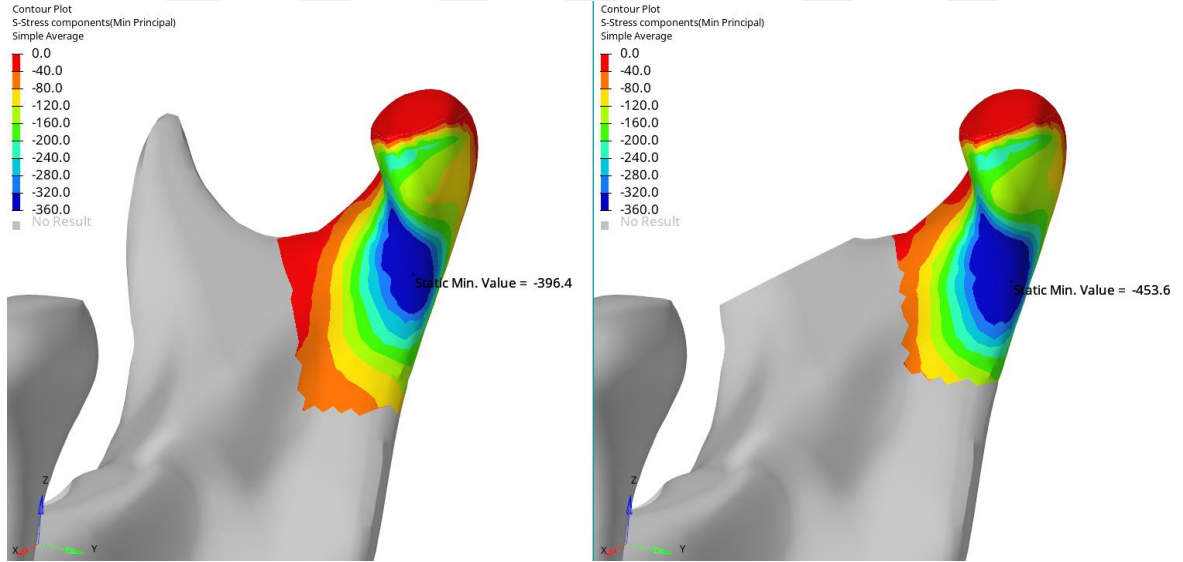
Model	Pmax (MPa)	Pmin (MPa)	Von Mises (MPa)
Kontrol Modeli	311.3	-396.4	379.9
Koronoidektomi Modeli	338.8	-453.6	435

Angulus bölgesine uygulanan 2000 N'luk lateral kuvvet sonrası sağ taraftaki kontrol modelinin kondil bölgesinde Pmax değeri 311.3 MPa olarak ölçülürken, koronoidektomi modelinin kondil bölgesindeki Pmax değeri 338.8 MPa ölçülerek az da olsa artış göstermiştir (Şekil 4.30).



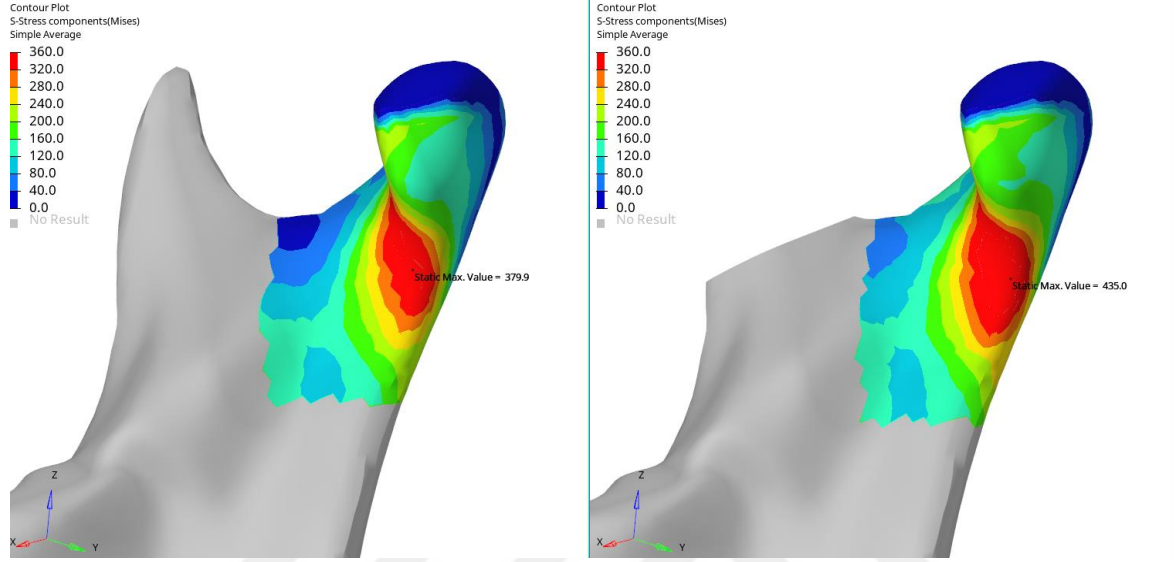
Şekil 4.30. Sağ taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmax değerleri

Angulus bölgesine uygulanan 2000 N'luk lateral kuvvet sonrası sağ taraftaki kontrol modelinin kondil bölgesinde Pmin değeri -396.4 MPa olarak ölçülürken, koronoidektomi modelinin kondil bölgesindeki Pmax değeri -453.6 MPa ölçülerek artış göstermiştir (Şekil 4.31).

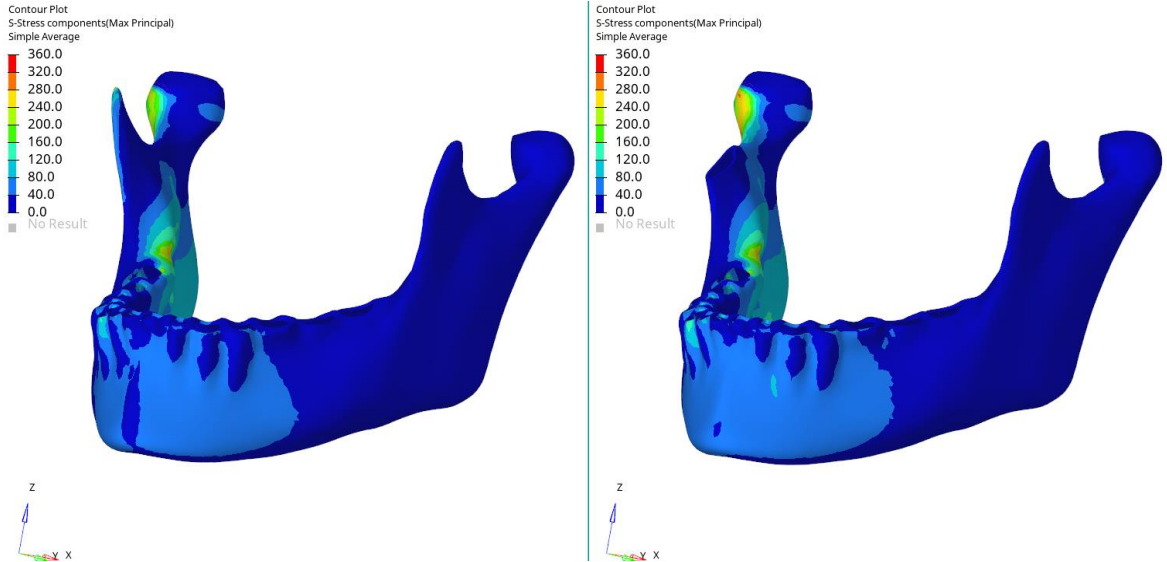


Şekil 4.31. Sağ taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmin değerleri

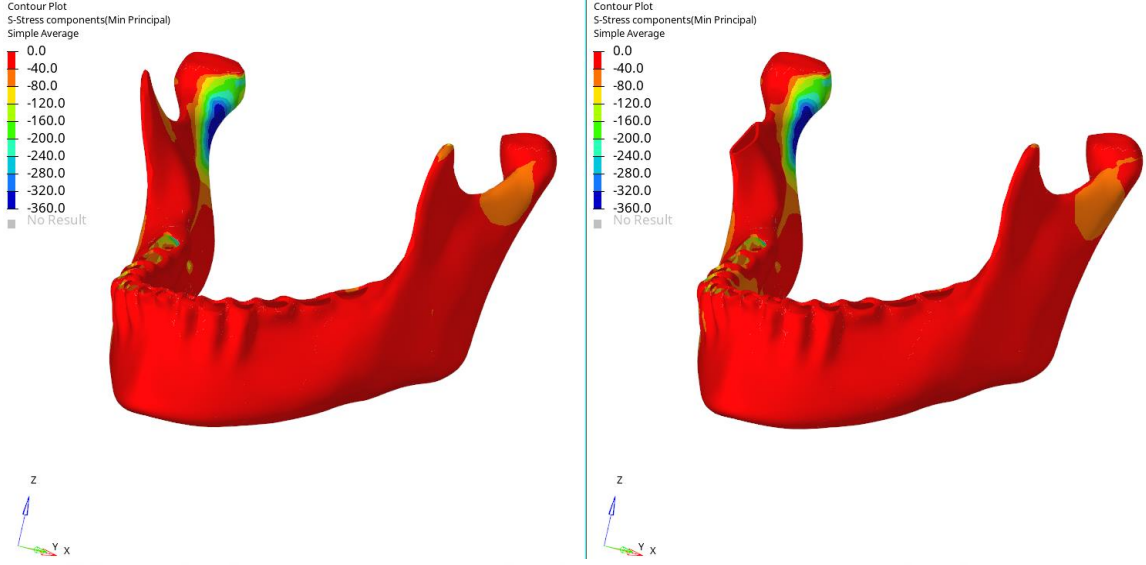
Angulus bölgesine uygulanan 2000 N'luk lateral kuvvet sonrası sağ taraftaki kontrol modelinin kondil bölgesinde Von Mises değeri 379.9 MPa olarak ölçülürken, koronoidektomi modelinin kondil bölgesindeki Von Mises değeri 435.0 MPa ölçülerek artış göstermiştir (Şekil 4.32).



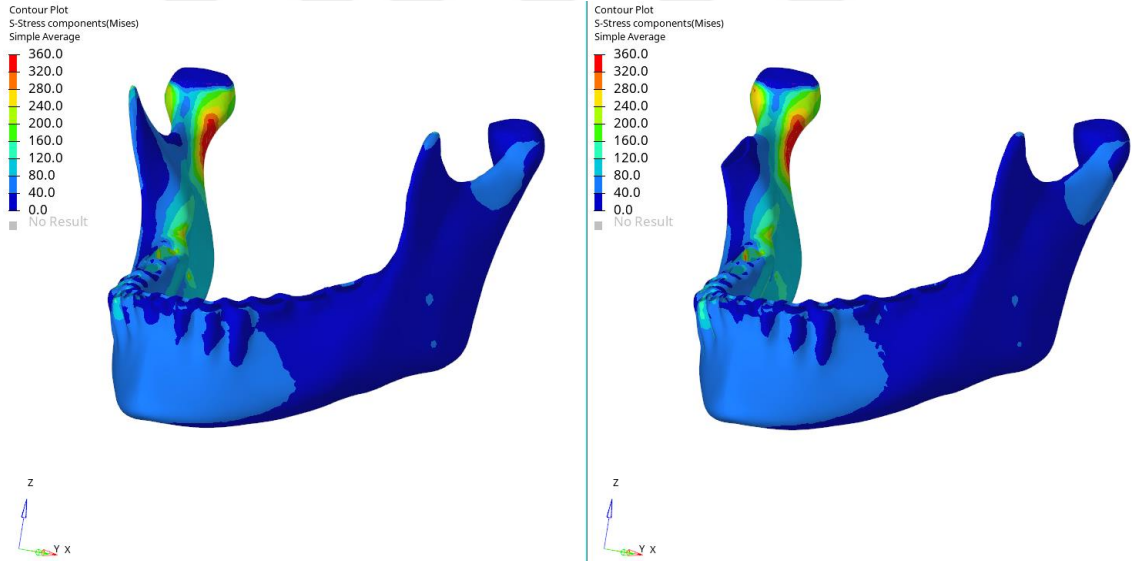
Şekil 4.32. Sağ taraf kontrol modeli ve koronoidektomi modeli Von Mises değerleri



Şekil 4.33. Angulus bölgesindeki lateral yüklemde Pmax lateral görünüm(sol)



Şekil 4.34. Angulus bölgesindeki lateral yüklemde Pmin lateral görünüm(sol)

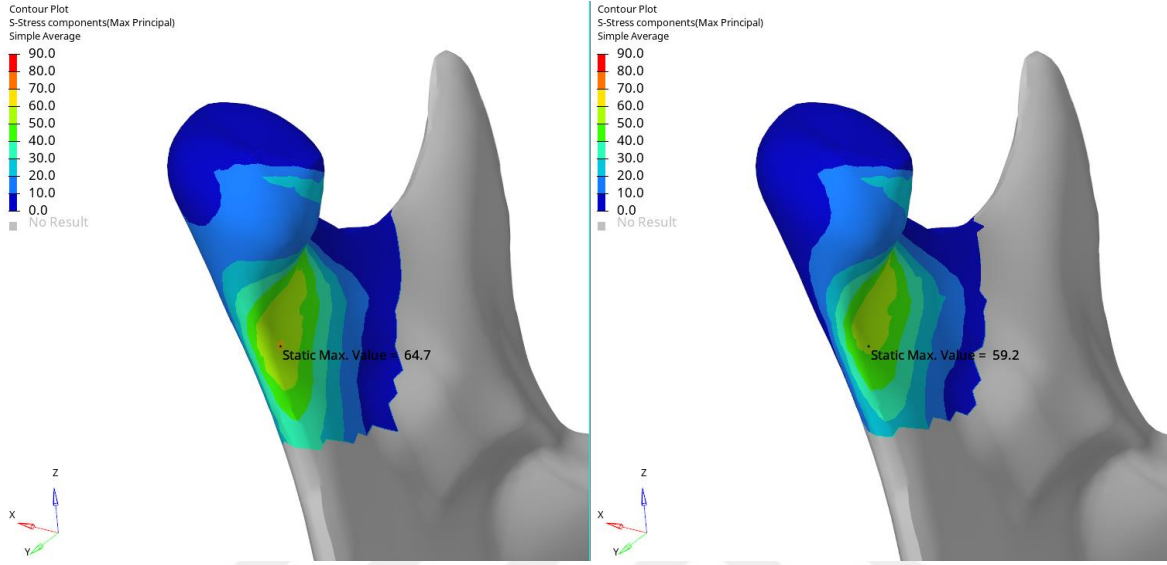


Şekil 4.35. Angulus bölgesindeki lateral yüklemde Von Mises lateral görünüm(sol)

Tablo 4.6. Sol taraf kontrol ve koronoidektomi modellerinde, angulus bölgesinden uygulanan lateral kuvvet sonrası kondil bölgesindeki Pmax, Pmin ve Von Mises değerleri;

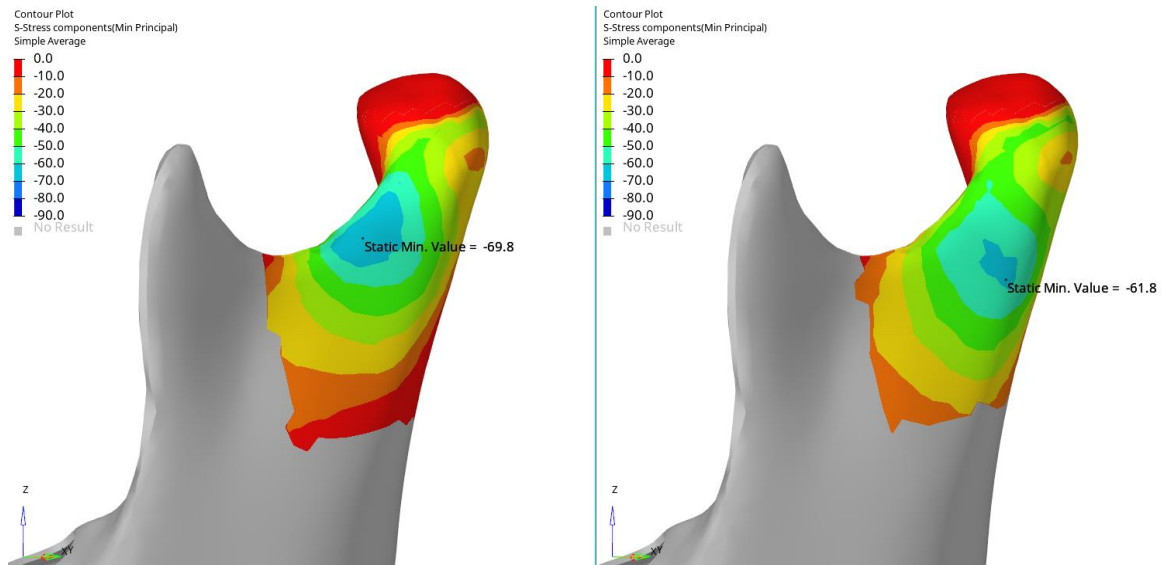
Model	Pmax (MPa)	Pmin (MPa)	Von Mises (MPa)
Kontrol Modeli	64.7	-69.8	64.9
Koronoidektomi Modeli	59.2	-61.8	57.6

Angulus bölgesine uygulanan 2000 N'luk lateral kuvvet sonrası sol taraftaki kontrol modelinin kondil bölgesinde Pmax değeri 64.7 MPa olarak ölçülürken, koronoidektomi modelinin kondil bölgesindeki Pmax değeri 59.2 MPa ölçülerek az da olsa düşüş göstermiştir (Şekil 4.36).



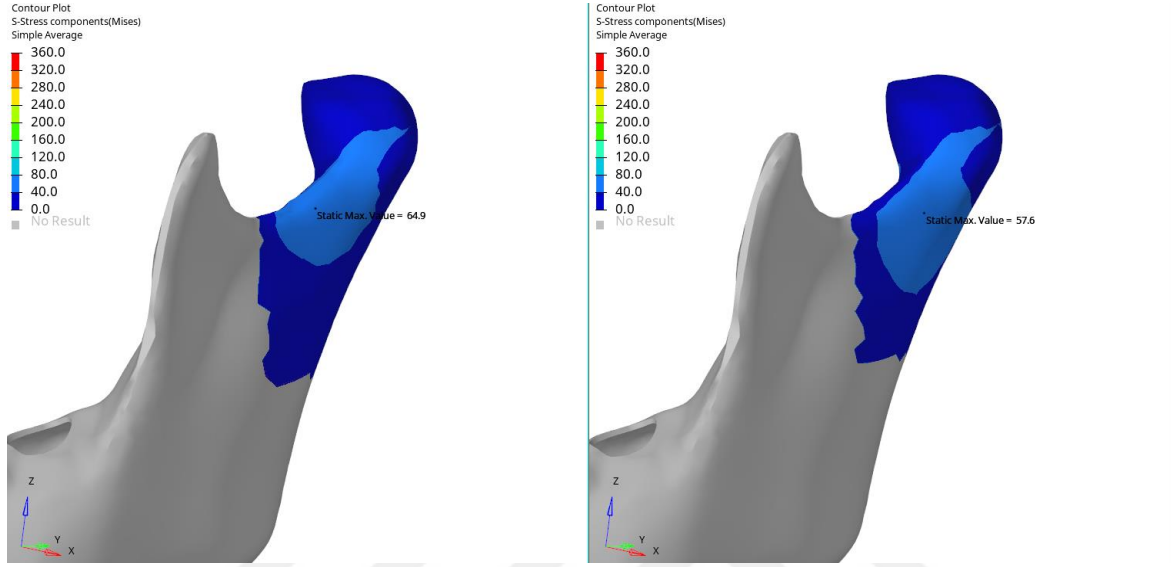
Şekil 4.36. Sol taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmax değerleri

Angulus bölgesine uygulanan 2000 N'luk lateral kuvvet sonrası sol taraftaki kontrol modelinin kondil bölgesinde Pmin değeri -69.8 MPa olarak ölçülürken, koronoidektomi modelinin kondil bölgesindeki Pmin değeri -61.8 MPa ölçülerek az da olsa düşüş göstermiştir (Şekil 4.37).



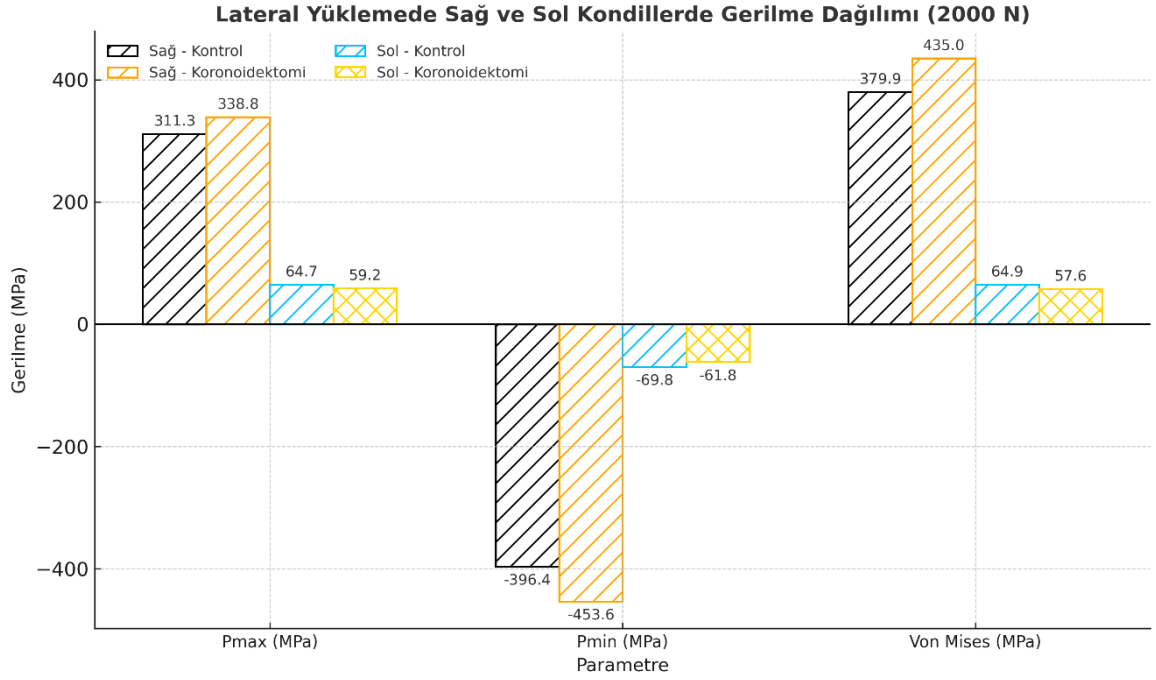
Şekil 4.37. Sol taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmin değerleri

Angulus bölgesine uygulanan 2000 N'luk lateral kuvvet sonrası sol taraftaki kontrol modelinin kondil bölgesinde Von Mises değeri 64.9 MPa olarak ölçülürken, koronoidektomi modelinin kondil bölgesindeki Von Mises değeri 57.6 MPa ölçülerek az da olsa düşüş göstermiştir (Şekil 4.38).



Şekil 4.38. Sol taraf kontrol ve koronoidektomi modellerindeki Pmin değerleri

Lateral yüklemde sağ ile sol kondil bölgelerinde kontrol ve koronoidektomi modellerinin gerilme karşılaştırmasında, sağ kondil bölgesinde tüm gerilme parametrelerinde Pmax, Pmin ve Von Mises artış eğilimi gözlenmiştir. Buna karşılık, sol kondil bölgesinde aynı parametrelerde azalma eğilimi gözlenmiştir (Şekil 4.39).



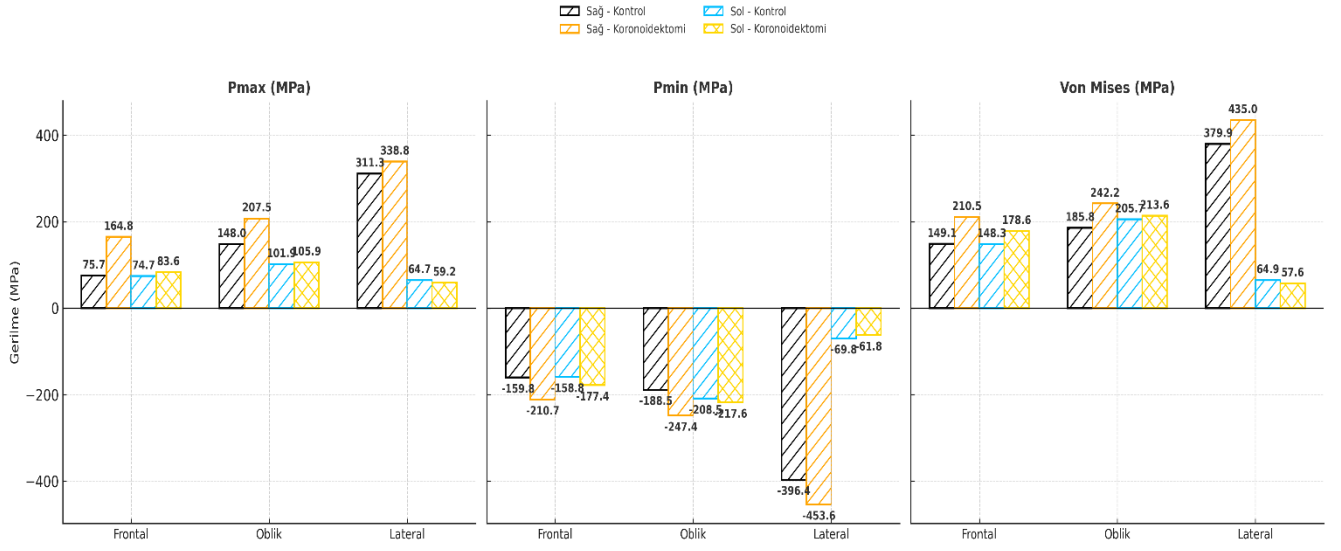
Şekil 4.39. Lateral yüklemede Kondil (Sağ & Sol) – Kontrol ve Koronoidektomi Modellerinde Gerilme Karşılaştırması

Koronoidektomi modelinde; kondil bölgelerinde tüm yükleme koşullarında gerilme değerlerinde değişim gözlenmiştir.

Frontal yükleme altında hem sağ hem de sol kondilde Pmax, Pmin ve Von Mises gerilme değerlerinde artış meydana gelmiştir. Bu artış sağ kondilde daha belirgin olup, koronoidektomi modelinde yük aktarımının kondil bölgesinde yoğunlaştığını göstermektedir.

Oblik yükleme durumunda da her iki kondilde benzer bir artış eğilimi izlenmiştir. Ancak sağ kondildeki artış oranı daha yüksek bulunmuş, bu da oblik kuvvetlerin sağ kondil üzerinde daha fazla stres oluşturduğunu düşündürmektedir.

Lateral yükleme koşullarında sağ kondilde Pmax, Pmin ve Von Mises değerlerinde artış, sol kondilde ise azalma gözlenmiştir. En yüksek gerilme değerleri lateral yükleme sırasında sağ kondilde elde edilmiştir (Şekil 4.40'da gösterilmiştir).



Şekil 4.40. Frontal, Oblik ve Lateral yüklemelerde Kondil (Sağ & Sol) – Kontrol ve Koronoidektomi Modellerinde Gerilme Karşılaştırması

5. TARTIŞMA

Çene-yüz bölgesi, karmaşık anatomik yapısı ve yüzeyel lokalizasyonu nedeniyle travmalardan en fazla etkilenen bölgelerden biridir. Bu bölge, birçok kemiğin birleşiminden oluşan kompleks bir yapı sergiler ve hem direkt hem de indirekt travmalar sonucunda kırıklara yatkındır (Bataineh, 1998; Ellis vd., 1985; Erol vd., 2004; Martini vd., 2006; Van Beek & Merckx, 1999). Travmatik kuvvetlere maruziyet sırasında gösterdiği davranış, yalnızca uygulanan yükün büyüklüğüyle değil, aynı zamanda mandibulanın morfolojik bütünlüğünü sağlayan yapısal elemanların varlığı ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle mandibula üzerindeki herhangi bir anatomik değişimin özellikle kas tutunma noktalarını ve yük aktarım yüzeylerini etkileyen koronoid proses gibi yük dağılımında anlamlı değişiklikler yaratması beklenen bir durumdur.

Mandibulaya gelen şiddetli travmalar, kuvvetin doğrudan etki ettiği bölgede primer kırıklara, çevre dokularda ise sekonder hasarlara yol açabilmektedir. Mandibula kondil kırıkları, yüz bölgesinde meydana gelen travmalar sonucunda en sık görülen kırık tiplerinden birini oluşturmaktadır (Santler vd., 1999). Mandibulanın biyomekanik davranışını anlamak, özellikle indirekt kırık mekanizmalarının en sık görüldüğü kondil boynu bölgesinde stresin nasıl yoğunlaştığını açıklamak açısından kritik öneme sahiptir. Bu kırılabilirliğin kökeninde kondil boynunun dar kesit alanı, kortikal kalınlığın incelendiği bölge olması ve ramus üzerinden iletilen kuvvetlerin bu bölgede yoğunlaşması yatmaktadır. Bu nedenle SEA çalışmaları mandibula kırık mekanizmalarını incelemek için en güçlü araçlardan biri olarak değerlendirilebilir.

Çalışmamızda elde edilen bulgular, koronoid prosesin mandibula biyomekaniğindeki rolünü daha net şekilde değerlendirmeye yardımcı olmuştur. Uyguladığımız üç farklı yükleme senaryosu; frontal (simfiz), oblik (parasimfiz) ve lateral (angulus) mandibulanın travmatik kuvvetler altında gösterdiği davranışını inceleme fırsatı sunmuş ve koronoidektomi sonrasında bu davranışta ortaya çıkan değişikliklerin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlamıştır.

Öncelikle koronoid prosesin mandibulanın yük taşıma sistemindeki yeri değerlendirildiğinde, bu yapının yalnızca kas tutunma noktası olmadığı, aynı zamanda ramus-korpus arasındaki yük aktarım yollarını dengeleyen yapısal bir destek elemanı olduğu açıkça görülmektedir. Marom ve Rak'ın Neandertal mandibulası üzerinde yaptığı SEA çalışması, koronoid proses morfolojisinin mandibulanın stabilitesi üzerinde doğrudan etkili olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada “scooped” yani içe çökük koronoid morfolojilerinde

bükülme momentlerinin belirgin şekilde arttığı ve tensil stres birikiminin özellikle kondil boynu bölgesinde yoğunlaştığı rapor edilmiştir. Buna karşın “filled” yani geniş tabanlı koronoid morfolojilerinin mandibular dayanımı artırdığı ve yükü daha geniş bir yüzeye yayarak stres yoğunlaşmasını azalttığı gösterilmiştir. Bu bulgular koronoid prosesin cerrahi veya patolojik olarak ortadan kaldırılmasının, mandibulanın yük taşıma kapasitesini nasıl zayıflatacağını açıkça ortaya koymaktadır (Marom & Rak, 2018). Çalışmamızda tek taraflı koronoidektomi sonrası kondil boynunda gözlenen belirgin stres artışları, özellikle frontal yükleme altında sağ kondilde koronoidektomi modelinin kontrol modeline göre belirgin derecede daha yüksek Von Mises değerlerine ulaşması, koronoid prosesin yokluğunda ramus-korpus ekseninin bükülme direncinin azalmasıyla açıklanabilir. Pmax'ın 75,7 MPa'dan 164,8 MPa'ya yükselmesi, koronoid prosesin olmadığı sagittal düzlemdeki bükülme momentinin arttığını göstermektedir. Pmax artışı kırık hattının başlaması için gerekli olan mekanik zemini oluşturur ve bu durum kondil boynu kırıklarının neden daha sık görüldüğüne ilişkin biyomekanik bir açıklama sunar.

Mandibula hem fonksiyonel hem de estetik açıdan insan yaşamında kritik bir role sahiptir. Ancak çeşitli patolojik durumlar, mandibulanın yapısal bütünlüğünü olumsuz etkileyebilir (Dahake vd., 2018). Özellikle simfiz ve angulus bölgelerine gelen kuvvetler, bu alanlarda direkt kırık oluşumuna neden olurken, karşı taraftaki kondil başında indirekt ve tek taraflı kırıklar ortaya çıkabilmektedir. Bu durum, kondil bölgesinin anatomik özellikleri ve mandibulanın travma esnasında kuvvetleri absorbe etme ve dağıtma mekanizmasıyla doğrudan ilişkilidir (Santler vd., 1999).

Liu ve arkadaşlarının yaptığı SEA çalışmasında, mandibulaya frontal ve lateral yönde 2000 N'luk kuvvet uygulanmasıyla en yüksek Von Mises streslerinin kondil bölgesinde oluştuğu (yaklaşık 330–393 MPa) ve bu değerlerin angulus bölgesindeki streslerden anlamlı derecede daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Y. feng Liu vd., 2018). Liu ve arkadaşlarının (2018) SEA dayalı çalışması, mandibulanın destek yüzeylerinde meydana gelen küçük anatomik değişikliklerin bile kondil boynunda belirgin stres artışına neden olabildiğini gösteren önemli bulgulardan biridir. Destek yüzeyi daha küçük olan üçüncü moların yokluğunda bile kondil boynunda bu denli yoğun stres birikimi oluşması, mandibular yük dağılımının morfolojik yapılara son derece duyarlı olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Bu nedenle temporalis kasının primer tutunma noktası olan ve ramusun kütleli bütünlüğüne doğrudan katkı sağlayan koronoid prosesin tamamen uzaklaştırılmasının, destek

yapılarındaki daha küçük değişimlere kıyasla çok daha belirgin bir stres artışı yaratması beklenen bir durumdur.

Çalışmamızda ki Lateral yönde 2000 N'luk yük uygulandığında sağ kondil boynunda Von Mises stresinin 379,9 MPa'dan 435 MPa'a yükselmesi, Liu'nun kondilin lateral kuvvetler altında kırığa en yatkın segment olduğunu belirten bulgularıyla uyum göstermektedir. Çalışmamızda da lateral yükleme sonrası stresin kondil boynunda daha sınırlı bir alanda yoğunlaştığı, deformasyon gradyanının keskinleştiği ve kortikal yapının kırığa karşı daha savunmasız hâle geldiği görülmüştür. Mandibulada gerçekleştirilen önceki SEA çalışmalarında 2000 N'luk travmatik kuvvetin yaygın olarak kullanılmış olması, bu değerin çalışmamızda da tercih edilmesinde belirleyici olmuştur (Antic vd., 2015, 2016; Y. feng Liu vd., 2018; Takada vd., 2006).

Mandibula kondilin ince servikal (boyun) kısmı mekanik olarak daha zayıf yapıda olup, frontal yükleri karşılamayacak konfigürasyona sahiptir ve bu durum kırılma riskini artırır. Ayrıca ramusun kütleli bütünlüğü, kondille birleşen mandibular korpus ve angulus bölgesindeki eğim ile bağlantılı olarak, yük aktarımı sırasında stresin yoğunlaşmasına sebep olabilir (K. Y. Choi vd., 2012). Kas kuvveti de önemli bir etken olup, mandibulaya tutunan kasların kondili öne çekme eğilimi, travma anında kondilin yerinden çıkmasına veya kırılmasına neden olabilir (Goldman, 2005). Osteoporoz, düşük mineral yoğunluğu veya kemikteki yapısal defektler (örneğin kist, tümör varlığı) kondil bölgesinin mekanik direncini azaltabilir (Nardi vd., 2020). Travmanın yönü, şiddeti, çenenin açık/kapalı konumu ve darbenin kondile ulaşp ulaşmaması gibi etkenler de kırık oluşumunda belirleyici rol oynar (Ayana & Dain, 2023).

Bu bağlamda lateral yükleme koşullarında gözlenen stres artışı özellikle dikkat çekicidir. Schönegg ve arkadaşlarının kondil kırık fragmanlarının stres dağılımını incelediği SEA'da lateral kuvvetlerin kondil dış yüzeyinde çok yüksek stres birikimleri oluşturduğu gösterilmiştir (Schönegg vd., 2024). Çalışmamızda koronoidektomi modelinde lateral yük altında sağ kondilde ölçülen 435 MPa'lık Von Mises değeri, kontrol modelindeki 379,9 MPa değerine göre ciddi bir artış göstermiştir. Bu bulgu yalnızca kondilin kırılma yapısını değil, aynı zamanda koronoid prosesin transversal düzlemdeki stabiliteyi sağladığını gösterir.

Liu ve arkadaşlarının vurguladığı bir diğer önemli nokta, kondil kırıklarının oluşumunda yalnızca Von Mises stresin değil, Pmax ve Pmin stres bileşenlerinin birlikte rol aldığıdır (Y. feng Liu vd., 2018). Benzer şekilde, çalışmamızda da koronoidektomi sonrası özellikle frontal ve oblik yüklemelerde Pmax ve Pmin değerlerinin aynı anatomik bölgede

yoğunlaştığı görülmüştür. Örneğin frontal yük altında sağ kondilde Pmin değerinin -159,8 MPa'dan -210,7 MPa'ya yükselmesi, koronoid proses desteği kaybolduğunda yükün kondil boynunda daha dar bir alana yoğunlaştığı ve basma stresinin arttığını göstermektedir. Aynı bölgede Pmax'ın belirgin şekilde yükselmesi ise kemik dokusunun eş zamanlı çekme ve basma stresine maruz kaldığını, bunun da kırığın hem başlangıcını hem ilerleyişini kolaylaştıran kritik bir biyomekanik ortam oluşturduğunu düşündürmektedir.

Sundar ve arkadaşlarının (2013) SEA'ya dayanan çalışması, mandibular vertikal ramus rezeksiyonlarının farklı geometrik tasarımlar altında ramus boyunca yük aktarımını nasıl etkilediğini ortaya koymuştur. Araştırmacılar, özellikle kortikal kemik boyunca yük taşıma yolunun kesintiye uğradığı bölgelerde Von Mises stresinin belirgin şekilde arttığını, bunun da ramusun kütleli bütünlüğündeki kayıpların kondil bölgesinde stres birikimine yol açtığını göstermiştir (Shyam Sundar vd., 2013). Liu ve arkadaşlarının mandibular geometri ve ramus bütünlüğünün yük dağılımı üzerindeki kritik rolüne yaptığı vurgu da bu bulgularla uyumludur. Liu'nun çalışması, destek yüzeylerinde meydana gelen anatomik değişikliklerin kondil boynundaki stres gradyanını keskinleştirerek kırık riskini artırdığını belirtirken, Sundar'ın vertikal ramus rezeksiyonları üzerine yaptığı analizler bu mekanizmanın farklı rezeksiyon tasarımlarında da benzer şekilde ortaya çıktığını göstermektedir. Bu kapsamda her iki çalışma da ramusun kütleli bütünlüğünde meydana gelen herhangi bir azalmanın mandibular yük aktarım dengesini bozarak kondil bölgesinde stres yoğunluğu oluşturabileceğini net biçimde göstermektedir. Bu bağlamda koronoid prosesin uzaklaştırılması da ramusun efektif yük taşıyan kesitinde azalmaya yol açmakta ve kortikal yük aktarımını değiştirmektedir. Çalışmamızda koronoidektomi sonrasında tüm yükleme koşullarında kondil boynunda artan stres değerleri, bu mekanik ilişkiyi desteklemekte ve literatürde bildirilen diğer rezeksiyon modelleriyle benzer bir yük aktarım bozukluğu paternine işaret etmektedir.

Çalışmamızda, ramusun kütleli bütünlüğünde ve kas kuvvetlerinde azalmaya neden olan koronoidektomi işleminin, mandibular kondilde kırık oluşumuna etkisini değerlendirmek amacıyla SEA yöntemiyle gerçekleştirdik. Bu yaklaşımla koronoidektominin, mandibular biyomekanik üzerindeki etkilerini sayısal olarak ortaya koymayı ve kondil kırığı riskine ilişkin bilimsel bir biyomekanik değerlendirme sunmayı hedefledik.

Koronoid proses, temporalis ve masseter kaslarının primer tutunma noktalarından birini oluşturarak çiğneme fonksiyonunun sürdürülmesinde ve mandibular stabilitenin

korunmasında önemli bir anatomik yapıdır. Ayrıca, mandibulanın hareket yeteneğini destekleyerek TME'nin biyomekanik fonksiyonuna doğrudan katkı sağlar (Goh vd., 2020; Shujaat vd., 2023).

Mandibulanın kas yönelimlerine ve yapısal destek noktalarına yüksek derecede bağımlı olması, stabilitenin hem statik hem de dinamik yükler altında kolaylıkla bozulabileceğini göstermektedir. Bu nedenle temporalis kasının çekiş yönünü değiştiren veya ramusun üst bölgesindeki yük aktarım yollarını daraltan her türlü anatomik ya da cerrahi müdahale, kondil boynunda stres birikimini artırmaktadır. Mao ve arkadaşlarının (2020) çalışması bu mekanizmayı açık biçimde ortaya koymuş; temporalis kas vektörünün devre dışı bırakıldığı modellerde kesme stresinin hem büyüklüğünün hem de yönünün belirgin şekilde değiştiği, yükün tek taraflı kas kayıplarında operasyon yapılan tarafa kaydığı ve ramus boyunca yoğunlaştığı gösterilmiştir (Mao vd., 2020). Bu bulgular, koronoid proses gibi temporalis kasının temel tutunma noktasının tamamen kaldırılmasının mandibula üzerindeki yük aktarımını değiştireceğini öngörmektedir.

Çalışmamızdaki sayısal sonuçlar da bu kuramsal çerçeveyi doğrulamaktadır. Sağ tarafta uyguladığımız koronoidektomi sonrasında, özellikle parasimfiz bölgesine uygulanan oblik yükleme altında, kontrol modelinde simetrik olan kesme stres yönünün sağ kondil boynuna doğru belirgin şekilde kaydığı görülmüştür. Aynı yükleme altında Von Mises stresinin sağ kondilde 185,8 MPa'dan 242,2 MPa'ya yükselmesi, temporalis kasının çekiş bileşeninin ortadan kalkmasıyla yükün daha kısa ve doğrudan bir hat üzerinden kondil boynuna yöneldiğini göstermektedir. Mao'nun belirttiği gibi, temporalisin anterior-superior çekiş etkisi kaybolduğunda masseter ve pterygoid kasların göreceli etkisi artmakta ve ramusun eğilme direnci zayıflamaktadır. Bu durum çalışmamızda da açıkça izlenmiştir: Simfiz bölgesine frontal yük uygulandığında kondil boynundaki Pmax 75,7 MPa'dan 164,8 MPa'ya, Pmin ise -159,8 MPa'dan -210,7 MPa'ya yükselmiştir. Aynı anatomik segmentte hem çekme hem basma bileşenlerinin bu denli artması, kondil boynunu kırığa son derece yatkın hâle getiren kritik bir stres ortamı yaratmaktadır.

Koronoidektomi sonrası temporalis kasının tutunma noktasının kaybı, mandibulanın kas dengesi üzerinde doğrudan bir değişime yol açmakta; anterior çekişin azalması ve masseter-ptyerygoid etkisinin belirginleşmesi, özellikle kondil bölgesinde yatay eksenle kesme stresinin artmasını tetiklemektedir. Elde edilen tüm bulgular, koronoid prosesin yük taşıma sistemindeki rolünün sanılandan çok daha büyük olduğunu ve bu yapının

kaldırılmasının mandibular biyomekaniği belirgin şekilde değiştirdiğini göstermektedir (Yi Mao vd., 2022).

Koronoidektomi işleminin uygulanma nedenleri oldukça geniş bir yelpazede değerlendirilir. Literatürde bildirilen başlıca endikasyonlar arasında şunlar yer almaktadır: (1) oral submukozal fibrozis (evre III-IV), (2) TME ankiloz tedavisi , (3) Mandibular hipomobilité vakaları, (4) temporalis kas spazmları, (5) hiperplastik ipsilateral veya kontralateral koronoid proses hiperplazisi veya uzamış koronoid proses sendromu (veya hiperplazisi) – (Jacobs hastalığı), (6) radyoterapi sonrası, (7) zigomatik kemik/koronoid proses kırıkları, (8) kısıtlı ağız açıklığı ile beraber zamanla ilerleyen enfeksiyonlar ve inflamasyonlar, (9) temporal kas travması ve kasılması; mandibular/temporal kemik travması sonrasında doğru mekanoterapi yapılmaması, (10) anormal zigomatik-mandibular anatomi çatışması; kas tendon sertliği, eski Isaacs sendromu; temporal kasın tendon-kas sendromu çatışması, (11) nöroşirürjik kraniotomi (koronal yaklaşım/pterional nöroşirürjik yaklaşım), (12) tümör rezeksiyonu veya temporal fossada diğer cerrahi müdahaleler nedeniyle temporal kasın iatrojenik skarlaşması, (13) Hecht sendromu—bebeklerde koronoid prosesin otozomal dominant bilateral hiperplazisi ve mandibular koronoid proses hiperplazisi, (14) doğuştan veya gelişimsel TME bozuklukları yer almaktadır (Nelke vd., 2023).

Koronoidektomi, özellikle trismusun mevcut olduğu veya temporalis kas spazmına bağlı tekrarlayan trismus riskinin bulunduğu vakalarda tercih edilen önemli bir cerrahi yöntemdir. Literatürde bu cerrahinin ağız açıklığını arttırmada oldukça etkili olduğu vurgulanmaktadır. Mehra ve arkadaşları (2024), koronoidektomi uygulamasının ağız açıklığındaki kısıtlılıkların tedavisinde temel hedefinin normal çene hareketlerinin yeniden sağlanması, hastalığın nüksünün önlenmesi ve fonksiyonel olarak dengeli bir oklüzyonun elde edilmesi olduğunu vurgulamıştır (Mehra vd., 2024). Canniff ve arkadaşları (1986), temporalis kası tendonunda gelişen atrofik değişikliklerin şiddetli trismusa yol açabileceğini ve bu gibi durumlarda temporal miyotomi ya da koronoidektomi uygulanabileceğini önermiştir (JP, 1986).

Bhrany ve arkadaşları (2007), baş ve boyun kanseri sonrası trismus gelişen hastalar üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında, koronoidektomi uygulamasının ardından ağız açıklığında anlamlı bir artış sağlandığını ve bu iyileşmenin uzun dönem takiplerde de sürdüğünü rapor etmiştir (Bhrany vd., 2007). Benzer şekilde Yoshida (2006); oromandibular distoni, çiğneme kası tendon-aponevroz hiperplazisi ve koronoid proses hiperplazisi gibi

farklı nedenlerle trismus gelişen hastalarda intraoral koronoidektomi sonrası ağız açıklığında anlamlı bir artış elde edildiğini rapor etmiştir (Yoshida, 2006). Hecht sendromu gibi nadir görülen olgularda da koronoidektomi uygulanabilmektedir. Balkin ve arkadaşları (2015), bu hastalarda erken dönemde gerçekleştirilen bilateral koronoidektomilerin fonksiyonel sonuçlarda belirgin iyileşme sağladığını, ancak nüksün önlenmesi için uzun süreli çene fizyoterapisinin zorunlu olduğunu vurgulamıştır (Balkin vd., 2015). Lin ve ark. (1999) tarafından geliştirilen tedavi protokolünde, koronoid proses hiperplazisinin erken evrelerinde konservatif olarak mandibular fizyoterapi; ileri evrelerinde ise cerrahi olarak koronoidektomi önerilmiştir (Lin vd., 1999). Da Silva ve arkadaşları (2017), KPH tanısı konulan bir olguda gerçekleştirdikleri çalışmada, bilateral koronoidektomi sonrasında ağız açıklığında kademeli ve kalıcı bir artış elde edildiğini bildirmiştir (Da Silva vd., 2017). Ayrıca Gerbino (1997) ve Garcia Junior (2004) birçok hastada intraoral koronoidektomi sonrası ağız açıklığında anlamlı iyileşmeler rapor etmişlerdir (Gerbino vd., 1997; Júnior vd., t.y.). Gupta ve ark. (2014), koronoidektomi sırasında temporalis kası ve tendonunun mandibuladan tamamen ayrılmasıyla mandibulanın biyomekanik olarak serbestleştiğini belirtmişlerdir (Gupta vd., 2014). Temporalis kasının devreden çıkmasıyla birlikte, çiğneme hareketi sırasında oluşan kesme ve bükülme kuvvetleri yeniden organize olur ve özellikle kondil bölgesindeki yük aktarımı değişir.

Bununla birlikte, koronoid prosesin TME dengesinin devamlılığındaki belirleyici rolü göz önünde bulundurulduğunda, koronoidektomi işlemi yalnızca kesin endikasyon varlığında uygulanmalı ve gereksiz koronoidektomi işlemlerinden kaçınılmalıdır (Mao vd., 2020). Bu bulgular, koronoidektominin ağız açıklığını artırmada etkili bir cerrahi yöntem olduğunu ortaya koymakla birlikte, işlemin mandibular kondil dayanımı üzerinde belirgin biyomekanik değişikliklere yol açabileceğini de düşündürmektedir.

Literatürde, koronoidektomi ile ilişkili olarak SEA kullanılarak gerçekleştirilen stres analizlerinin sayısı oldukça sınırlıdır. Ancak, koronoidektominin mandibular kondil dayanımı üzerindeki etkisini doğrudan inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada, mandibular kondil bölgesinde koronoidektomi öncesi ve sonrası durumlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Farklı modeller üzerinde uygun sınır koşulları altında kuvvet uygulanarak, koronoidektomi öncesi ve sonrası kondil bölgesinde oluşan stres dağılımları analiz edilmiş ve elde edilen veriler karşılaştırmalı biçimde incelenmiştir.

Çalışmamızda frontal, oblik ve lateral yükler altında elde edilen bulgular, koronoid prosesin mandibulanın yük taşıma düzeni açısından önemli bir yapısal unsur olduğunu

göstermektedir. Koronoid prosesin uzaklaştırılması sonrasında yük dağılımında belirgin bir değişim meydana gelmiş; özellikle P_{max} ve P_{min} stres bileşenlerinin aynı bölgede artış göstermesi ve kesme stresinin yön değiştirmesi, kondil boynunda daha kırılğan bir mekanik ortamın oluştuğuna işaret etmiştir. Bu sonuçlar, yalnızca teorik varsayımlar üzerinden değil, yapılan sayısal analizler aracılığıyla da desteklenmiştir. Elde edilen veriler, koronoid prosesin mandibula biyomekaniğinde sanılandan daha önemli bir stabilizatör olduğunu ve bu yapının kaldırılmasının yük aktarım yollarını belirgin biçimde etkileyebileceğini düşündürmektedir. Koronoidektomi sonrası tüm yükleme koşullarında stres değerlerinin yükselmesi; özellikle lateral yükleme altında sağ kondilde en yüksek Von Mises stres artışının, frontal ve oblik yüklemelerde ise yine sağ kondilde belirgin değişimlerin izlenmesi, koronoid desteğinin azalmasının kondil boynunu travmaya karşı daha duyarlı hâle getirdiğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, literatürdeki pek çok çalışma ile uyum göstermektedir. Marom & Rak'ın koronoid morfolojisinin mekanik işlevine ilişkin değerlendirmeleri, Mao'nun kas vektörü değişim modeli, Liu'nun travmatik yük altında stres dağılımı analizi ve Schönegg'in kondil fragmanlarındaki stres birikimine yönelik bulguları, çalışmamızdaki sonuçlarla paralellik göstermektedir. Böylece koronoidektominin mandibular mekanik denge üzerindeki etkileri sadece kuramsal açıdan değil, sayısal ve karşılaştırmalı analizlerle de desteklenmiş olmaktadır.

Çalışmamızdaki sınırlılıkların değerlendirilmesinde, kullanılan SEA yönteminin doğal kısıtlılıklarının göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Mandibula gibi kompleks anatomik yapılarda kemik doku çoğu zaman izotropik kabul edilse de gerçekte anisotropik özellik gösterir ve elastisite modülü farklı bölgelerde değişkenlik sergiler. Kortikal ve trabeküler kemik dokularının heterojen yapısı, SEA modellerinde tam olarak temsil edilemediğinden gerçeğe tamamen karşılık gelen bir model oluşturmak güçtür.

Ayrıca kas kuvvetleri gerçek yaşamda dinamik ve zaman içinde değişen bir yapıya sahipken, analizlerde bu kuvvetler statik olarak uygulanmaktadır. Temporomandibular eklem diski, kapsül ve ligamentler gibi yumuşak dokuların viskoelastik özellikleri de SEA modellerinde çoğunlukla basitleştirilmiş biçimde yer alır. Bununla birlikte, literatürdeki mandibula SEA çalışmalarının büyük çoğunluğu benzer sınırlılıkları taşımakta olduğundan, çalışma sonuçlarının karşılaştırılabilirliği önemli ölçüde etkilenmemektedir. Çalışmamızın bir diğer sınırlılığı, kullanılan modelin anatomi atlaslarından elde edilen yapı üzerinden oluşturulmuş olmasıdır. Gerçek bireyler arasında kortikal kalınlık, ramus genişliği, kondil şekli ve koronoid morfolojisi açısından belirgin varyasyonlar bulunabilir. Marom & Rak'ın

alışmasında da belirtildiği gibi, yalnızca koronoid morfolojisindeki değişiklik bile mandibulanın yük dağılımı üzerinde anlamlı farklılıklar yaratabilmektedir. Dolayısıyla farklı anatomik varyasyonlara sahip bireylerde, koronoidektominin stres dağılımı üzerindeki etkileri değişiklik gösterebilir. Ayrıca, koronoidektominin mandibular stres dağılımına etkilerinin daha kapsamlı biçimde anlaşılabilmesi için farklı modellemelerle yapılan daha fazla SEA çalışmasına ve bu sonuçların klinik verilerle desteklenmesine ihtiyaç vardır.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızın sonuçları değerlendirildiğinde koronoidektomi sonrası temporalis kasının koruyucu etkisinin ortadan kalkması ve kesme kuvvetlerinin yönünün değişmesiyle gelen kuvvetlerin doğrudan kondil bölgesine iletilildiğini ve stresin daha sınırlı bir alanda yoğunlaştığını göstermektedir. Biyomekanik açıdan değerlendirildiğinde, koronoidektomi yapılan hastalarda travmatik kuvvetlerin kondil boynu kırıkları açısından önemli bir risk faktörü olduğu söylenebilir.

- Kondil bölgesi kırıklarının oluşum mekanizmalarına da bakıldığında, bu kırıkların doğrudan travmatik kuvvetlerden ziyade, çoğunlukla mandibula üzerine etki eden indirekt kuvvetler sonucunda meydana geldiği görülmüştür.
- Frontal kuvvetlerde kondil boynunda Pmax ile Pmin değerleri ve kırık riski artmıştır.
- Oblik kuvvetlerde asimetrik stres dağılımı gözlenmiş, tek taraflı yüklemelerde koronoidektomi modelinde kırılabilirlik artmıştır.
- Lateral kuvvetlerde koruyucu kas etkisinin kaybolmasıyla yük doğrudan kondil bölgesinin lateraline iletilmiş, maksimum stres birikimi sağ kondilde görülmüştür.
- Tüm kuvvet yönlerinde kondil boynu, en kırılabilir bölge olarak görülmüştür.
- SEA, diş hekimliğinde karmaşık yapıların analizinde önemli bir avantaj sunar.
- Bilgisayar ortamında uygulanması sayesinde ek materyal ve deneysel çaba gerektirmeden, teorik olarak zor elde edilen veriler güvenilir biçimde analiz edilebilir.
- SEA, cerrahi öncesi biyomekanik riskleri değerlendirmede planlama aracı olarak kullanılabilir. Koronoidektominin sadece fonksiyonel değil, biyomekanik etkilerinin de dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.
- Bu nedenle SEA'nın, cerrahi planlama ve kırık riski değerlendirmelerinde yardımcı bir araç olarak kullanılması önerilmektedir.
- Koronoidektomi uygulanan hastalarda, operasyon sonrası dönemde travmalara karşı korunmak amacıyla uygun postoperatif önlemler alınmalıdır.
- Fizyoterapi programları ve kas güçlendirme egzersizleri ile mandibular denge ve fonksiyonel stabilite desteklenmeli, böylece TME üzerindeki olası stres artışları minimize edilmelidir.

KAYNAKÇA

- Abbas, I. I., Fayyaz, M. M., & Shah, I. I. (2009). Demographic distribution of Maxillofacial Fractures in Ayub Teaching Hospital: 7-year review.
- Akar, G. C., Akar, G. C., & Köseoğlu, K. (t.y.). Temporomandibular Eklem Rahatsızlıklarının Tanısında Kullanılan Radyolojik Yöntemler ve Manyetik Rezonans Görüntüleme Değerlendirme Kriterleri: Derleme Çalışması. 27(2), 107-116.
- Al, Z. Temporomandibular bozukluklar: sorun odaklı bir yaklaşım. Ani, RJM Gray.
- Al-Dajani, M., Quiñonez, C., Macpherson, A. K., Clokie, C., & Azarpazhooh, A. (2015). Epidemiology of Maxillofacial Injuries in Ontario, Canada. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 73(4), 693.e1-693.e9.
- Alomar, X., Medrano, J., Cabratosa, J., Clavero, J. A., Lorente, M., Serra, I., Monill, J. M., & Salvador, A. (2007). Anatomy of the Temporomandibular Joint. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*, 28(3), 170-183.
- Antic, S., Saveljic, I., Nikolic, D., Jovicic, G., Filipovic, N., Rakocevic, Z., & Djuric, M. (2016). Does the presence of an unerupted lower third molar influence the risk of mandibular angle and condylar fractures? *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 45(5), 588-592.
- Antic, S., Vukicevic, A. M., Milasinovic, M., Saveljic, I., Jovicic, G., Filipovic, N., Rakocevic, Z., & Djuric, M. (2015). Impact of the lower third molar presence and position on the fragility of mandibular angle and condyle: A Three-dimensional finite element study. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 43(6), 870-878.
- Aquilina, P., Chamoli, U., Parr, W. C. H., Clausen, P. D., & Wroe, S. (2013). Finite element analysis of three patterns of internal fixation of fractures of the mandibular condyle. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 51(4), 326-331.
- Assael, L. A. (2003). Open Versus Closed Reduction of Adult Mandibular Condyle Fractures: An Alternative Interpretation of the Evidence. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 61(11), 1333-1339.
- Ataözden, T., Başaran, M. M., & Özüdoğru, S. (2021). Clinical examination of various jaw fractures and evaluation of open and closed reductions: Six case reports. *International Dental Research*, 11(1), 274-278.

- Atik, F., Ataç, M., Özkan, A., ... Y. K.-N. journal of, & 2016, undefined. (t.y.). Biomechanical analysis of titanium fixation plates and screws in mandibular angle fractures. journals.lww.comF Atik, MS Ataç, A Özkan, Y Kilinc, M ArslanNigerian journal of clinical practice, 2016.
- Atilgan, S., Erol, B., Yaman, F., Yilmaz, N., & Ucan, M. C. (2010). Mandibular fractures: a comparative analysis between young and adult patients in the southeast region of Turkey. *Journal of Applied Oral Science*, 18(1), 17-22.
- Ayana, P., & Dain, C. P. (2023). The Effect of Mandibular Impacted Third Molar on Fracture of Mandibular Angle and Condyle: An Observational Study. *Journal of Craniofacial Surgery Open*, 1(2).
- Aydoğan, İ. İ. (2023). Mandibula Subkondiler Kırıklarda Kullanılan Farklı Kalınlıklardaki Trapezoidal Plakların Biomekanik Değerlendirmesi: Servo Hidrolik Test Cihazıyla In Vitro Çalışması. Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi.
- B Lalitha, & N S Sridevi. (2016). Variations in the Shape of Coronoid Process of Indian Adult Dry Human Mandibles. *International Journal of Scientific Study*, 4(5), 22-25.
- Balkin, D. M., Chen, I., Oberoi, S., & Pomerantz, J. H. (2015). Bilateral Coronoidectomy by Craniofacial Approach for Hecht Syndrome-Related Trismus. *Journal of Craniofacial Surgery*, 26(6), 1954-1956.
- Bataineh, A. B. (1998). Etiology and incidence of maxillofacial fractures in the north of Jordan. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 86(1), 31-35.
- Bathe, K. (2006). Finite element procedures.
- Baylis, A. (2009). Head and Neck Embryology: An Overview of Development, Growth and Defect in the Human Fetus. Honors Scholar Theses.
- Ben-Nissan, B., Svensson, N., ... D. K.-... E. M. in, & 1987, undefined. (t.y.). Computer aided three-dimensional modelling and finite element analysis of the mandible. search.informit.orgB Ben-Nissan, NL Svensson, DW Kelly, TT VajdaFinite Element Methods in Engineering: Proceedings of the Fifth, 1987.
- Bezerra, T. P., Silva, F. I., Scarparo, H. C., Costa, F. W. G., & Studart-Soares, E. C. (2013). Do erupted third molars weaken the mandibular angle after trauma to the chin region? A 3D finite element study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 42(4), 474-480.
- Bhavikatti, S. S. (2005). Finite element analysis. New Age International.

- Bhrany, A. D., Izzard, M., Wood, A. J., & Futran, N. D. (2007). Coronoidectomy for the treatment of trismus in head and neck cancer patients. *Laryngoscope*, 117(11), 1952-1956.
- Black, S., & Ferguson, E. (2011). Forensic anthropology: 2000 to 2010.
- Boccaccio, A., Lamberti, L., Pappalettere, C., Cozzani, M., & Siciliani, G. (2008). Comparison of different orthodontic devices for mandibular symphyseal distraction osteogenesis: A finite element study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 134(2), 260-269.
- Boffano, P., Kommers, S. C., Roccia, F., Gallesio, C., & Forouzanfar, T. (2014). Fractures of the mandibular coronoid process: A two centres study. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 42(7), 1352-1355.
- Borchers, L., & Reichart, P. (1983). Three-dimensional Stress Distribution Around a Dental Implant at Different Stages of Interface Development. *Journal of Dental Research*, 62(2), 155-159.
- Bordoni, B., & Varacallo, M. A. (2023). Anatomy, Head and Neck, Temporomandibular Joint. StatPearls.
- Brandt, M. T., & Haug, R. H. (2003). Open Versus Closed Reduction of Adult Mandibular Condyle Fractures: A Review of the Literature Regarding the Evolution of Current Thoughts on Management. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 61(11), 1324-1332.
- CEYLAN, E. (t.y.). Üç Yıl İçinde Opere Edilen 63 Mandibula Fraktürü Olgusunun Retrospektif Analizi.
- Chen, C., Yang, Y., Gong, X., He, Y., An, J., & Zhang, Y. (2015). [A retrospective study of 1 009 patients with oral and maxillofacial fresh trauma]. *Zhonghua kou Qiang yi xue za zhi = Zhonghua Kouqiang Yixue Zazhi = Chinese Journal of Stomatology*, 50(11), 650-655.
- Chen, J., Akyuz, U., Xu, L., & Pidaparti, R. M. V. (1998). Stress analysis of the human temporomandibular joint. *Medical Engineering & Physics*, 20(8), 565-572.
- Choi, J. W., Heo, S. J., Koak, J. Y., Kim, S. K., Lim, Y. J., Kim, S. H., & Lee, J. B. (2006). Biological responses of anodized titanium implants under different current voltages. *Journal of Oral Rehabilitation*, 33(12), 889-897.

- Choi, K. Y., Yang, J. D., Chung, H. Y., & Cho, B. C. (2012). Current concepts in the mandibular condyle fracture management part I: Overview of condylar fracture. *Archives of Plastic Surgery*, 39(4), 291-300.
- Chrcanovic, B. R., Abreu, M. H. N. G., Freire-Maia, B., & Souza, L. N. (2012). 1,454 mandibular fractures: A 3-year study in a hospital in Belo Horizonte, Brazil. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 40(2), 116-123.
- Costa e Silva, A. P. de A. da, Antunes, J. L. F., & Cavalcanti, M. G. P. (2003). Interpretation of mandibular condyle fractures using 2D- and 3D-computed tomography. *Brazilian Dental Journal*, 14(3), 203-208.
- Çetiner, Y. (2024). Marjinal Mandibular Rezeksiyon Sonrası Mandibula Simfize Gelen Travmanın Kırık Oluşturma Paterninin Sonlu Elemanlar Analiziyle Değerlendirilmesi. İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi.
- Da Silva, J. R., Pereira, R. D. S., Águeda, C., Nunes, P. M., Marin, C., & Hochuli-Vieira, E. (2017). Bilateral Coronoid Hyperplasia in a 43-Year-Old Patient Treated with Intraoral Coronoidectomy. *Journal of Craniofacial Surgery*, 28(4), e402-e403.
- Dahake, S., Kuthe, A., Kulkarni, S., & Mawale, M. (2018). Finite element analysis of customized implant in mandibular reconstruction after tumor resection with and without using customized surgical osteotomy guide. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, 14(1), e1854.
- Davies, S. (2022). The Examination and Recording of the Occlusion: Why and How. 23-41.
- De Riu, G., Gamba, U., Anghinoni, M., & Sesenna, E. (2001). A comparison of open and closed treatment of condylar fractures: a change in philosophy. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 30(5), 384-389.
- Defabianis, P. (2003). TMJ fractures in children and adolescents: treatment guidelines. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 27(3), 191-199.
- Dongas, P., & Hall, G. M. (2002). Mandibular Fracture Patterns in Tasmania, Australia. *Australian Dental Journal*, 47(2), 131-137.
- Donzelli, P. S., Gallo, L. M., Spilker, R. L., & Palla, S. (2004). Biphasic finite element simulation of the TMJ disc from in vivo kinematic and geometric measurements. *Journal of Biomechanics*, 37(11), 1787-1791.
- Dr Smita Tapas. (2014). Morphological Variations of Coronoid Process in Dry Adult Human Mandibles. *Indian Journal of Basic and Applied Medical Research*, 3(2), 401-405.
- Ebrahimi, F. (2012). Finite element analysis: new trends and developments.

- Ellis, E. (1998). Complications of mandibular condyle fractures. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 27(4), 255-257. [https://doi.org/10.1016/S0901-5027\(05\)80506-5](https://doi.org/10.1016/S0901-5027(05)80506-5)
- Ellis, E. (2013). Open Reduction and Internal Fixation of Combined Angle and Body/Symphysis Fractures of the Mandible: How Much Fixation Is Enough? *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 71(4), 726-733.
- Ellis, E., & Dean, J. (1993). Rigid fixation of mandibular condyle fractures. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 76(1), 6-15.
- Ellis, E., Moos, K. F., & El-Attar, A. (1985). Ten years of mandibular fractures: An analysis of 2,137 cases. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 59(2), 120-129.
- Ellis, E., & Throckmorton, G. S. (2005). Treatment of mandibular condylar process fractures: Biological considerations. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 63(1), 115-134.
- Erdem, S., & Erdem, S. (2022). Investigation of coronoid process hyperplasia using Levandoski analysis on panoramic radiographs. *World Journal of Radiology*, 14(5), 107.
- EREN, H., & GÖRGÜN, S. (2016). Çiğneme Kaslarının Değerlendirilmesinde Ultrason Kullanımı. *Türkiye Klinikleri Oral and Maxillofacial Radiology - Special Topics*, 2(3), 1-6.
- Eriş Derkuş, F. (2022). Mandibulada Farklı Bölgelerde Meydana Gelen Fraktürlerin Titanyum Plak ve Karbon Fiberle Güçlendirilmiş Polietereterketon Plak Sistemleriyle Fiksasyonunda Plak ve Çevre Dokularda Oluşan Streslerin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Karşılaştırılması [Diş Hekimliğinde Uzmanlık]. *Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi*.
- Erol, B., Tanrikulu, R., & Görgün, B. (2004). Maxillofacial Fractures. Analysis of demographic distribution and treatment in 2901 patients (25-year experience). *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 32(5), 308-313.
- Eulert, S., Proff, P., Bokan, I., Blens, T., Gedrange, T., Reuther, J., & Bill, J. (2007). Study on treatment of condylar process fractures of the mandible. *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger*, 189(4), 377-383.
- F., H. (1969). Inability to open the mouth fully: an autosomal dominant phenotype with facultative campylodactyly and short stature. *Birth Defects*, 5, 96-98.
- Fehrenbach, M., & Herring, S. (2015). Baş ve Boyun Resimli Anatomisi- E-Kitap.

- Gao, J., Xu, W., & Ding, Z. (2006). 3D finite element mesh generation of complicated tooth model based on CT slices. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 82(2), 97-105.
- GENÇ, A., KÜÇÜKÇAKIR, O., & TANYEL, R. C. (2019). Conservative Management of the Isolated Mandibular Coronoid Process Fracture. *Bezmialem Science*, 7(4), 339-341.
- Geng, J. P. A., Tan, K. B. C., & Liu, G. R. (2001). Application of finite element analysis in implant dentistry: A review of the literature. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 85(6), 585-598.
- Geng, J., Yan, W., & Xu, W. (2008). Application of the finite element method in implant dentistry.
- Gerbino, G., Bianchi, S. D., Bernardi, M., & Berrone, S. (1997). Hyperplasia of the mandibular coronoid process: long-term follow-up after coronoidotomy. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 25(3), 169-173.
- Goh, Y. C., Tan, C. C., & Lim, D. (2020). Coronoid hyperplasia: A review. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, 121(4), 397-403.
- Goldman, K. E. (2005). Mandibular condylar and subcondylar fractures. *World Medical Library*, 1-12.
- Grant, P. G. (1973). Lateral pterygoid: Two muscles? *American Journal of Anatomy*, 138(1), 1-9.
- Gupta, A., Kohli, V. S., Hazarey, P. V., Kharbanda, O. P., & Gunjal, A. (2009). Stress distribution in the temporomandibular joint after mandibular protraction: A 3-dimensional finite element method study. Part 1. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 135(6), 737-748.
- Gupta, H., Tandon, P., Kumar, D., Sinha, V., Gupta, S., Mehra, H., & Singh, J. (2014). Role of coronoidectomy in increasing mouth opening. *National Journal of Maxillofacial Surgery*, 5(1), 23.
- Halazonetis, D. J., Shapiro, E., Gheewalla, R. K., & Ernest Clark, R. (1991). Quantitative description of the shape of the mandible. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 99(1), 49-56.
- Hammond, D., Whitty, J., Wain, R., McPhillips, M., & Ahmed, W. (2016). Biomechanics of the Mandible and Current Evidence Base for Treatment of the Fractured Mandible. *Surgical Tools and Medical Devices*, Second Edition, 617-633.

- Haug, R. H., & Assael, L. A. (2001). Outcomes of open versus closed treatment of mandibular subcondylar fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 59(4), 370-375.
- Haug, R. H., & Brandt, M. T. (2004). Traditional versus endoscope-assisted open reduction with rigid internal fixation (ORIF) of adult mandibular condyle fractures: A review of the literature regarding current thoughts on management. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 62(10), 1272-1279.
- Ingawalé, S., & Goswami, T. (2009). Temporomandibular joint: Disorders, treatments, and biomechanics. *Annals of Biomedical Engineering*, 37(5), 976-996.
- Irons, B. M. (1970). A frontal solution program for finite element analysis. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 2(1), 5-32.
- Iwai, T., Izumi, T., Baba, J., Maegawa, J., Mitsudo, K., & Tohnai, I. (2013). Peripheral Osteoma of the Mandibular Notch: Report of a Case. *Iranian Journal of Radiology*, 10(2), 74.
- J, L. R.-B. D., & 1946, undefined. (t.y.). The structure and function of the mandibular joint.
- Jafari, A., Shetty, K. S., & Kumar, M. (2003). Study of Stress Distribution and Displacement of Various Craniofacial Structures Following Application of Transverse Orthopedic Forces—A Three-dimensional FEM Study. *The Angle Orthodontist*, 73(1), 12-20.
- Javiya, P., Bhattu, B. K., Chitumalla, R., Mahantshetty, M., Dave, M., Pattnaik, N., Ghadage, M., & Patil, D. (2025). In Vitro Evaluation of Stress Distribution around Implants with Different Designs. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 17(Suppl 2), S1478-S1480.
- Jones, J. K., & Van Sickels, J. E. (1991). A preliminary report of arthroscopic findings following acute condylar trauma. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 49(1), 55-60.
- JP, C. (1986). Oral submucous fibrosis: its pathogenesis and management. *Br Dent J*, 160, 429-434.
- Jung, H.-W., Lee, B.-S., Kwon, Y.-D., Choi, B.-J., Lee, J.-W., Lee, H.-W., Moon, C.-S., & Ohe, J.-Y. (2014). Mandibula kırıklarının retrospektif klinik çalışması.
- Júnior, I. G., ... O. M. F.-Rev. O., & 2004, undefined. (t.y.). Tratamento de hiperplasia do processo coronóide mandibular: Relato de caso. *pesquisa.bvsalud.org*IR Garcia Júnior, O Magro Filho, AD Sottovia, P Almeida Júnior, HR Esper, GJR MachadoRev. Odontol. Araçatuba (Impr.), 2004.

- Kadam, S. D., Roy, P. P., M.P, A., & M A, D. (2015). Variation in the shape of coronoid process in Dry Mandible of Maharashtra Population. *International Journal of Anatomy and Research*, 3(1), 895-898.
- Kaplan, I., Calderon, S., & Buchner, A. (1994). Peripheral osteoma of the mandible: A study of 10 new cases and analysis of the literature. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 52(5), 467-470.
- Kestane, R., Yurttutan, E., & Keskin, A. (2016). Farklı Şekillerde Yapılan Marjinal Mandibulektomilerin Postoperatif Kırık Riski Açısından Sonlu Eleman Analizi ile Değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 26(1).
- Kim, Y., Hwang, J., ... H. L.-I. J. of, & 2009, undefined. (t.y.). Use of the coronoid process as a donor site for sinus augmentation: a case report. *search.ebscohost.com*YK Kim, JW Hwang, HJ Lee, PY YunInternational Journal of Oral & Maxillofacial Implants, 2009.
- Koch, R. M., Gross, M. H., Carlsy, F. R., Von Büren, D. F., Fankhauser, G., & Parish, Y. I. H. (1996). Simulating facial surgery using finite element models. *dl.acm.org*RM Koch, MH Gross, FR Carls, DF von Büren, G Fankhauser, YIH ParishProceedings of the 23rd annual conference on Computer graphics and, 1996•dl.acm.org, 421-428.
- Kurt Akgül, Ş. (2024). Koronoid Proses Hiperplazisine Bağlı Temporomandibular Hipomobiliteye Sahip Hastaların Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografi ile Morfometrik Değerlendirilmesi [Uzmanlık Tezi]. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi.
- Larsen, O. D., & Nielsen, A. (1976). Mandibular Fractures: I. An Analysis of Their Etiology and Location in 286 Patients. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery*, 10(3), 213-218.
- Lauer, G., & Schmelzeisen, R. (1999). Endoscope-assisted fixation of mandibular condylar process fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 57(1), 36-39.
- Lee, C. Y., McCullom, C., Blaustein, D. I., & Mohammadi, H. (1992). Sequelae of unrecognized, untreated mandibular condylar fractures. *Pediatric Dentistry*, 14(3), 205-205.
- Lee, S. K., Kim, Y. S., Oh, H. S., Yang, K. H., Kim, E. C., & Chi, J. G. (2001). Prenatal development of the human mandible. *Anatomical Record*, 265(3), 314-325.
- Leonhardt, H., & Franke, A. (2020). Open versus Closed Treatment of Fractures of the Mandibular Condylar Process: A Prospective Randomised Multi-Centre Study :

- Eckelt U, Schneider M, Erasmus F, et al. *J Craniomaxillofac Surg.* 2006; 34:306–14.
- 50 Landmark Papers every Oral & Maxillofacial Surgeon Should Know, 249-254.
- Lin, W. Y., Lo, L. J., Chen, Y. R., & Noordhoff, M. S. (1999). Bilateral coronoid process hyperplasia with limitation on mouth opening: case report. *Changgeng yi xue za zhi*, 22(1), 123-127.
- Lipski, M., Tomaszewska, I. M., Lipska, W., Lis, G. J., & Tomaszewski, K. A. (2013). The mandible and its foramen: anatomy, anthropology, embryology and resulting clinical implications. *Folia Morphologica*, 72(4), 285-292.
- Liu, Y. feng, Wang, R., Baur, D. A., & Jiang, X. feng. (2018). A finite element analysis of the stress distribution to the mandible from impact forces with various orientations of third molars. *Journal of Zhejiang University: Science B*, 19(1), 38-48.
- Liu, Y. W., Regmi, K. P., Ding, M. C., Li, Y., Tian, L., & Cai, B. L. (2018). Mandibular Coronoidectomy Could Significantly Accelerate the Healing Process of Infratemporal Fossa Abscess. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 76(3), 534-544.
- Loughner, B. A., Gremillion, H. A., Mahan, P. E., & Watson, R. E. (1997). The medial capsule of the human temporomandibular joint. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 55(4), 363-369.
- Luhr, H.-G. (1998). Fractures of the mandible in children. *Operative Techniques in Plastic and Reconstructive Surgery*, 5(4), 357-361.
- MacLennan, W. D. (1969). Fractures of the mandibular condylar process. *British Journal of Oral Surgery*, 7(1), 31-39. [https://doi.org/10.1016/S0007-117X\(69\)80058-2](https://doi.org/10.1016/S0007-117X(69)80058-2)
- Manisali, M., Amin, M., Aghabeigi, B., & Newman, L. (2003). Retromandibular approach to the mandibular condyle: a clinical and cadaveric study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 32(3), 253-256.
- Manjunatha, B. S., & Nagarajappa, D. (2009). Osteoid osteoma. *Indian Journal of Dental Research*, 20(4), 514-515.
- Mao, Y., Chen, X., Yu, S., Xu, W., Qin, H., Zhen, J., Qiu, Y., Zhang, S., & Yang, C. (2020). Biomechanical analysis of costochondral graft fracture in temporomandibular joint replacement. *Scientific Reports*, 10(1), 1-10.
- Marom, A., & Rak, Y. (2018). Mechanical implications of the mandibular coronoid process morphology in Neandertals. *American Journal of Physical Anthropology*, 166(2), 401-407.

- Martini, M. Z., Takahashi, A., De Oliveira Neto, H. G., De Carvalho, J. P., Curcio, R., & Shinohara, E. H. (2006). Epidemiology of mandibular fractures treated in a Brazilian level I Trauma Public Hospital in the city of São Paulo, Brazil. *Brazilian Dental Journal*, 17(3), 243-248.
- Maurer, P., Holweg, S., Knoll, W. D., & Schubert, J. (2002). Study by finite element method of the mechanical stress of selected biodegradable osteosynthesis screws in sagittal ramus osteotomy. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 40(1), 76-83.
- Maurer, P., Holweg, S., & Schubert, J. (1999). Finite-element-analysis of different screw-diameters in the sagittal split osteotomy of the mandible. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 27(6), 365-372. <https://doi.org/10.1054/JCMS.1999.0069>
- McLoughlin, P. M., Hopper, C., & Bowley, N. B. (1995). Hyperplasia of the mandibular coronoid process: An analysis of 31 cases and a review of the literature. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 53(3), 250-255.
- McNamara, J. A. (1973). The independent functions of the two heads of the lateral pterygoid muscle. *American Journal of Anatomy*, 138(2), 197-205.
- Mehra, H., Gupta, H., Sarita, Agarwal, R., Mehra, P., & Thapa, T. (2024). Assessment of the role of coronoid in restrictive jaw disorders and physiologic mandibular movements. *National Journal of Maxillofacial Surgery*, 15(3), 417-427.
- Melih Ömezli, M., Dayi, E., Ayranci, F., Şimşek Kaya, G., Üniversitesi, A., Fakültesi, D., & ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, D. (t.y.). Mandibular condyle fractures and treatment methods. *dergipark.org.tr* M Omezli, E Dayi, F Ayranci, GS KayaCumhuriyet Dental Journal, 2012•*dergipark.org.tr*.
- Menon, S., & Sinha, R. (2008). Gap Arthroplasty for Mandibular Condyle Dislocation and Impaction Into the Middle Cranial Fossa. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 66(11), 2390-2393.
- Mijiti, A., Ling, W., Tuerdi, M., Maimaiti, A., Tuerxun, J., Tao, Y. Z., Saimaiti, A., & Moming, A. (2014). Epidemiological analysis of maxillofacial fractures treated at a university hospital, Xinjiang, China: A 5-year retrospective study. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 42(3), 227-233.
- Miloro, M. (2003). Endoscopic-assisted repair of subcondylar fractures. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 96(4), 387-391.

- Miloro, M., Ghali, G. E., Larsen, P. E., & Waite, P. (2022). Peterson's Principles of Oral and Maxillofacial Surgery, Fourth Edition. Peterson's Principles of Oral and Maxillofacial Surgery, Fourth Edition, 1-2328.
- Mitchell, D. A. (1997). A multicentre audit of unilateral fractures of the mandibular condyle. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 35(4), 230-236.
- Mohanty, S., Kohli, S., Dabas, J., Kumar, R. D., Bodh, R., & Yadav, S. (2017). Fate of the Coronoid Process After Coronoidotomy and Its Effect on the Interincisal Opening: A Clinical and Radiologic Assessment. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 75(6), 1263-1273.
- Morant, G. M., Collett, M., & Adyanthaya, N. K. (1936). A Biometric Study of the Human Mandible. *Biometrika*, 28(1/2), 84.
- Motamedi, M. H. K., Dadgar, E., Ebrahimi, A., Shirani, G., Haghighat, A., & Jamalpour, M. R. (2014). Pattern of maxillofacial fractures: A 5-year analysis of 8,818 patients. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 77(4), 630-634.
- Mulder, C. H., Kalaykova, S. I., & Gortzak, R. A. T. (2012). Coronoid process hyperplasia: a systematic review of the literature from 1995. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 41(12), 1483-1489.
- Naeem, A., Gemal, H., & Reed, D. (2017). Imaging in traumatic mandibular fractures. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 7(4), 469.
- Nardi, C., Vignoli, C., Pietragalla, M., Tonelli, P., Calistri, L., Franchi, L., Preda, L., & Colagrande, S. (2020). Imaging of mandibular fractures: a pictorial review. *Insights into Imaging*, 11(1), 1-15.
- Nardis, A. D. C., Costa, S. A. P., Silva, R. A. Da, & Kaba, S. C. P. (2013). Patterns of paediatric facial fractures in a hospital of São Paulo, Brazil: A retrospective study of 3 years. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 41(3), 226-229.
- Nelke, K., Bujak, K., Szczepański, W., Łukaszewski, M., Janeczek, M., Pasicka, E., Blicharski, T., Morawska-Kochman, M., & Dobrzyński, M. (2023). Prophylactic Coronoidectomy Approach during Stable Bone Osteosynthesis after Major Cranio-Facial Injury in the Temporal Region with Muscle Contusion—Should It Be Used? *Applied Sciences* 2023, Vol. 13, Page 3611, 13(6), 3611.
- Odabaş, B., & Gündüz Arslan, S. (2008). Temporomandibular Eklem Anatomisi Ve Rahatsızlıkları. *Dicle Tıp Dergisi*, 35(1), 77-85.

- Oji, C. (1999). Jaw fractures in Enugu, Nigeria, 1985–95. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 37(2), 106-109.
- Oka, M. (1993). Healing of fractures of the coronoid process: Report of cases. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 51(2), 200-204.
- Okeson, J. P. (t.y.). *Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion* - Jeffrey P. Okeson - 8th Edition (2019) 512 pp., ISBN: 9780323582100.
- Okeson, J. P. (2019). *Management Temporomandibular Disorder and Occlusion*. 8th ed. Elsevier.
- Ouni, I., Orthlieb, J. D., Jeany, M., Ammar, S., & Cheynet, F. (2015). Mandibular hypomobility secondary to bilateral coronoid hyperplasia. *international journal of stomatology & occlusion medicine* 2015 8:1, 8(1), 49-53.
- Ozkaya, O., Colak, O., Sutcu, M., & Akan, M. (2018). The outcome of coronoidectomy in bilateral coronoid process hyperplasia. *CRANIO®*, 36(1), 53-60.
- Pegoretti, A., Fambri, L., Zappini, G., & Bianchetti, M. (2002). Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post. *Biomaterials*, 23(13), 2667-2682.
- Pereira, M. D., Marques, A., Ishizuka, M., Keira, S. M., Brenda, E., & Wolosker, A. B. (1995). Surgical treatment of the fractured and dislocated condylar process of the mandible. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 23(6), 369-376.
- Provatidis, C. G. (2000). A comparative FEM-study of tooth mobility using isotropic and anisotropic models of the periodontal ligament. *Medical Engineering & Physics*, 22(5), 359-370.
- Przystańska, A., Bruska, M., & Woźniak, W. (2007). Skeletal units of the human embryonic mandible. *Folia Morphologica*, 66(4), 328-331.
- Rak, Y., Ginzburg, A., & Geffen, E. (2007). Gorilla-like anatomy on *Australopithecus afarensis* mandibles suggests *Au. afarensis* link to robust australopiths. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(16), 6568-6572.
- Rapidis, A. D., Papavassiliou, D., Papadimitriou, J., Koundouris, J., & Zachariadis, N. (1985). Fractures of the coronoid process of the mandible: An analysis of 52 cases. *International Journal of Oral Surgery*, 14(2), 126-130.
- Raustia, A. M., Pyhtinen, J., Oikarinen, K. S., & Altonen, M. (1990). Conventional radiographic and computed tomographic findings in cases of fracture of the

- mandibular condylar process. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 48(12), 1258-1263.
- Rees, J. S., & Jacobsen, P. H. (1997). Elastic modulus of the periodontal ligament. *Biomaterials*, 18(14), 995-999.
- Reilly, D. T., & Burstein, A. H. (1975). The elastic and ultimate properties of compact bone tissue. *Journal of Biomechanics*, 8(6), 393-405.
- Robiony, M., Casadei, M., & Costa, F. (2012). Minimally invasive surgery for coronoid hyperplasia: Endoscopically assisted intraoral coronoidectomy. *Journal of Craniofacial Surgery*, 23(6), 1838-1840.
- Sanmugam, K. (t.y.). A Study of Morphological Variation of Lingula and Coronoid Process of Adult Human Dry Mandibles.
- Santler, G., Kärcher, H., Ruda, C., & Köle, E. (1999). Fractures of the condylar process: Surgical versus nonsurgical treatment. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 57(4), 392-397.
- Satan, N. S. (2025). Koronoid Foramenin Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi ile Prevalans ve Morfometrik Özelliklerinin Retrospektif Olarak Değerlendirilmesi [Diş Hekimliğinde Uzmanlık]. Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi.
- Schlund, M., Roland-Billecart, T., Aubert, S., & Nicot, R. (2020). Tumors affecting the temporomandibular joint – a literature review. *Bulletin du Cancer*, 107(11), 1186-1198.
- Schmolke, C. (1994). The relationship between the temporomandibular joint capsule, articular disc and jaw muscles. *Journal of Anatomy*, 184(Pt 2), 335.
- Schön, R., Gutwald, R., Schramm, A., Gellrich, N. C., & Schmelzeisen, R. (2002). Endoscopy-assisted open treatment of condylar fractures of the mandible: extraoral vs intraoral approach. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 31(3), 237-243.
- Shakya, S., Ongole, R., & Nagraj, S. K. (2014). Morphology of Coronoid Process and Sigmoid Notch in Orthopantomograms of South Indian Population. *World Journal of Dentistry*, 4(1), 1-3.
- Shaw, S. E., & Chan, C.-H. (2023). Non-Odontogenic Tumors of the Jaws.
- Shen, L., Li, J., Li, P., Long, J., Tian, W., & Tang, W. (2013). Mandibular coronoid fractures: Treatment options. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 42(6), 721-726.

- Shetty, P., Hegde, A., Pediatric, K. R.-J. of C., & 2010, undefined. (t.y.). Finite element method—an effective research tool for dentistry. *meridian.allenpress.com* P Shetty, A Hegde, K Rai *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 2010.
- Shujaat, S., Politis, C., Van Den Bogaert, T., Vueghs, P., Smeets, M., Verhelst, P. J., Grymonprez, E., & Jacobs, R. (2023). Morphological characteristics of coronoid process and revisiting definition of coronoid hyperplasia. *Scientific Reports*, 13(1), 1-9.
- Shyam Sundar, S., Nandlal, B., Saikrishna, D., & Mallesh, G. (2013). Biomechanical and Finite Element Analysis of Mandibular Vertical Ramus Marginal Resection Designs. *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery*, 12(3), 297-306.
- Silvennoinen, U., Iizuka, T., Lindqvist, C., & Oikarinen, K. (1992). Different patterns of condylar fractures: An analysis of 382 patients in a 3-year period. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 50(10), 1032-1037.
- Sobotta, J. (1997). *Sobotta atlas of human anatomy I*.
- S.Pradhan, D. P.Bara, S.Patra, S.Nayak, & C.Mohapatra. (2014). Anatomical Study of Various Shapes of Mandibular Coronoid Process in Relation to Gender & Age. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*, 13(8), 9-14.
- Srirekhha, A., & Bashetty, K. (2010). Infinite to finite: An overview of finite element analysis. *Indian Journal of Dental Research*, 21(3), 425-432.
- Stewart, B. T., Mehta, K., Drago, M., Henry, S., Joseph, K., Strong, K., Trostchansky, J. L., Jorgensen, J. J., Leung, G. K. K., Abi-Saad, G. S., Bulger, E., & Mock, C. (2022). Global Survey of Demand-Side Factors and Incentives that Influence Advanced Trauma Life Support (ATLS) Promulgation. *World Journal of Surgery*, 46(5), 1059-1066.
- Sung, S. J., Baik, H. S., Moon, Y. S., Yu, H. S., & Cho, Y. S. (2003). A comparative evaluation of different compensating curves in the lingual and labial techniques using 3D FEM. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 123(4), 441-450.
- Susal, V. (2009). Yetişkinlerde Mandibular Kondil Kırıklarına Cerrahi Tedavi Yaklaşımı [Diş Hekimliğinde Uzmanlık]. *Yeditepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*.
- Takada, H., Abe, S., Tamatsu, Y., Mitarashi, S., Saka, H., & Ide, Y. (2006). Three-dimensional bone microstructures of the mandibular angle using micro-CT and finite

- element analysis: Relationship between partially impacted mandibular third molars and angle fractures. *Dental Traumatology*, 22(1), 18-24.
- Tanaka, E., & Van Eijden, T. (2003). Biomechanical behavior of the temporomandibular joint disc. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine*, 14(2), 138-150.
- Tavassol, F., Spalthoff, S., Essig, H., Brecht, M., Gellrich, N. C., & Kokemüller, H. (2012). Elongated coronoid process: CT-based quantitative analysis of the coronoid process and review of literature. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 41(3), 331-338.
- Toğaç, E. (2025). Atrofik Maksilla Modelinde Transnazal, Zigomatik ve Pterygoid İmplant Uygulamalarının Biyomekanik Özelliklerinin Sonlu Elemanlar Analizi ile İncelenmesi [Uzmanlık Tezi]. Ordu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi.
- Toms, S. R., Lemons, J. E., Bartolucci, A. A., & Eberhardt, A. W. (2002). Nonlinear stress-strain behavior of periodontal ligament under orthodontic loading. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 122(2), 174-179.
- Toriumi, M., Nagasao, T., Itamiya, T., Shimizu, Y., Yasudo, H., Sakamoto, Y., Ogata, H., & Kishi, K. (2014). 3-D analysis of dislocation in zygoma fractures. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 42(5), 397-402.
- Troulis, M. J. (2004). Endoscopic open reduction and internal rigid fixation of subcondylar fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 62(10), 1269-1271.
- Troulis, M. J., & Kaban, L. B. (2001). Endoscopic approach to the ramus/condyle unit: Clinical applications. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 59(5), 503-509.
- Tseng, C. C., & Shiao, A. S. (2006). Postoperative Auricular Perichondritis After an Endaural Approach Tympanoplasty. *Journal of the Chinese Medical Association*, 69(9), 423-427.
- Tubbs, R. S., Bosmia, A. N., & Cohen-Gadol, A. A. (2012). The human calvaria: A review of embryology, anatomy, pathology, and molecular development. *Child's Nervous System*, 28(1), 23-31.
- Ulm, C. W., Kneissel, M., Hahn, M., Solar, P., Matejka, M., & Donath, K. (1997). Characteristics of the cancellous bone of edentulous mandibles. *Clinical Oral Implants Research*, 8(2), 125-130.
- Van Beek, G. J., & Merckx, C. A. (1999). Changes in the pattern of fractures of the maxillofacial skeleton. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 28(6), 424-428.

- Villarreal, P. M., Monje, F., Junquera, L. M., Mateo, J., Morillo, A. J., & González, C. (2004). Mandibular condyle fractures: determinants of treatment and outcome. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 62(2), 155-163.
- Wakabayashi, N., Ona, M., Suzuki, T., & Igarashi, Y. (2008). Nonlinear finite element analyses: Advances and challenges in dental applications. *Journal of Dentistry*, 36(7), 463-471.
- Waknis, P. P., & Mishra, T. (2014). Mandibular coronoid fractures: Treatment options. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 43(1), 132.
- Walker, C. J., & MacLeod, S. P. R. (2017). Anatomy and Biomechanics of Condylar Fractures. *Atlas of the Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 25(1), 11-16.
- Weinstein, A. M., Klawitter, J. J., Anand, S. C., & Schuessler, R. (1976). Stress Analysis of Porous Rooted Dental Implants. *Journal of Dental Research*, 55(5), 772-777.
- Wilkie, G., & Al-Ani, Z. (2022). Temporomandibular joint anatomy, function and clinical relevance. *British Dental Journal*, 233(7), 539-546.
- Wilson, E. L., Bathe, K. J., & Peterson, F. E. (1974). Finite element analysis of linear and nonlinear heat transfer. *Nuclear Engineering and Design*, 29(1), 110-124.
- Wong, R. C. W., Tideman, H., Merckx, M. A. W., Jansen, J., Goh, S. M., & Liao, K. (2011). Review of biomechanical models used in studying the biomechanics of reconstructed mandibles. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 40(4), 393-400.
- Wood, W. (1987). Çiğneme kası fonksiyonunun gözden geçirilmesi. *Protez Diş Hekimliği Dergisi*.
- Yamamoto, K., Matsusue, Y., Horita, S., Murakami, K., Sugiura, T., & Kirita, T. (2019). Maxillofacial fractures associated with interpersonal violence. *Journal of Craniofacial Surgery*, 30(4), E312-E315.
- Yamashita, D. D. R., & Arnet, G. F. (1980). Trismus-pseudocamptodactyly syndrome. *Journal of Oral Surgery*, 38(8), 625-630.
- Yeter, T. (2021). Farklı Seviyelerden Yapılan Segmental Mandibular Rezeksiyon Sonrası Rekonstrüksiyon Plağı Uygulanan Mandibula Modellerinde Koronoidektomi İşleminin Mandibula ve Plak Üzerinde Oluşan Streslere Etkisi: Sonlu Elemanlar Analizi [Uzmanlık Tezi]. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi.

- Yıldız, M. (2022). Mandibular Subkondil Fraktürlerinin Fiksasyonunda Kullanılan Farklı Plak Sistemlerinin Sonlu Elemanlar Analizi ile Değerlendirilmesi. Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi.
- Yi Mao, Xu-Zhuo Chen, Hai-Yi Qin, Jin-Ze Zhen, Ya-Ting Qiu, Liang Huo, & Shan-Yong Zhang. (2022). [Influence of bilateral coronoidectomy on temporomandibular joint stress distribution after costochondral graft reconstruction: a finite element analysis]. Shanghai Journal of Stomatology, 31(2), 126-131.
- Yilmaz, A., Serinken, M., Dal, O., Yaylaclı, S., & Karcioğlu, O. (2016). Work-related Injuries Among Emergency Medical Technicians in Western Turkey. Prehospital and Disaster Medicine, 31(5), 505-508.
- Yoshida, K. (2006). Coronoidotomy as treatment for trismus due to jaw-closing oromandibular dystonia. Movement Disorders, 21(7), 1028-1031.
- Zachariades, N., Mezitis, M., Mourouzis, C., Papadakis, D., & Spanou, A. (2006). Fractures of the mandibular condyle: A review of 466 cases. Literature review, reflections on treatment and proposals. Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, 34(7), 421-432.
- Ziad, Dr. M., & Al-Ani, Dr. R. J. M. G. (2021). Temporomandibular disorders : a problem-based approach. Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952., Mi, 5-24.
- Zide, M. F., & Kent, J. N. (1983). Indications for open reduction of mandibular condyle fractures. Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 41(2), 89-98.
- Zix, J. A., Schaller, B., Lieger, O., Saulacic, N., Thorén, H., & Iizuka, T. (2011). Incidence, aetiology and pattern of mandibular fractures in central Switzerland. Swiss Medical Weekly, 141(2122), w13207-w13207.

EKLER

EK-1. ETİK KURUL ONAY FORMU

Karar Tarihi	Toplantı Sayısı	Karar Sayısı
19/11/2024	9	2024/9-13

Adıyaman Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı Öğretim Üyesi, Halil İbrahim DURMUŞ'un "Koronoidektomi Sonrası Mandibular Kondil Bölgesinin Travmatik Kuvvet Karşısındaki Dayanımın Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Değerlendirilmesi" adlı proje için hazırlanmış olan ve 05/10/2024 tarihinde sunulan Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar İçin Başvuru Formu ile ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş, araştırmanın yürürlükte olan ilgili yasal düzenlemelere uyularak yürütülmesi ve sonuçlandırılması koşulu ile gerçekleştirilmesinde etik sakınca bulunmadığına ve Etik Kurul kararının başvuru sahibine iletilmesine toplantıya katılan Etik Kurul Üyeleri'nin oy birliği ile karar verilmiştir.

(İmza)
Prof. Dr. Haydar BAĞIŞ
Başkan

(Katılmadı) Prof. Dr. Gülnur TARHAN Üye	(Katılmadı) Prof. Dr. Tuncay ÇELİK Üye
(Katılmadı) Prof. Dr. H. Sinan HATİPOĞLU Üye	(İmza) Dr.Öğr.Üys. Muhittin ÖNDERCI Üye
(İmza) Prof. Dr. Hacı Taner BULUT Üye	(İmza) Prof. Dr. Fatih ÜÇKARDEŞ Üye
(Katılmadı) Prof.Dr. Serdar OLT Üye	(İmza) Doç. Dr. Nezir YILMAZ Üye
(İmza) Doç.Dr.Tuba Koç ÖZKAN Üye	(İmza) Dr.Öğr.Üys.Ayşe TAŞ Üye
(İmza) Dr.Öğr.Üys.Savaş SAĞMAK Üye	(Katılmadı) Doç.Dr. Abuzer ULUDAĞ Üye

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı soyadı	Sedat AKA
Uyruğu	Türkiye Cumhuriyeti
Doğum yeri ve tarihi	
e-posta adresi	

EĞİTİM BİLGİLERİ

Eğitim derecesi	Okul/Program	Mezuniyet yılı
Uzmanlık tezi	Adıyaman Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2025
Yüksek lisans		
Lisans	Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi	2018
Lise	Adıyaman Anadolu lisesi	2012

İŞ DENEYİMİ

İş deneyimi, Yıl	Çalıştığı yer	Görev
2021-2025	Adıyaman Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	Araştırma Görevlisi
2018-2021		Diş Hekimi