



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
AĞIZ DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ ANABİLİM DALI

**REDÜKSİYONLU ANTERİÖR DİSK DEPLASMANINDA
KULLANILAN OKLUZAL STABİLİZASYON SPLİNT
TEDAVİSİNİN TEMPOROMANDİBULAR EKLEM YAPILARI
ÜZERİNE ETKİLERİNİN BİYOMEKANİK OLARAK
İNCELENMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Zeynep ÖZDEMİR

**Samsun
Mayıs – 2023**



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**REDÜKSİYONLU ANTERİOR DİSK DEPLASMANINDA
KULLANILAN OKLUZAL STABİLİZASYON SPLİNT
TEDAVİSİNİN TEMPOROMANDİBULAR EKLEM
YAPILARI ÜZERİNE ETKİLERİNİN BİYOMEKANİK
OLARAK İNCELENMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Zeynep ÖZDEMİR

**Danışman
Prof. Dr. Emel BULUT**

**Samsun
Mayıs – 2023**

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmam sürecinde desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, her zaman gösterdiği anlayışa minnettar olduğum, Prof. Dr. Emel BULUT'A

Uzmanlık eğitimim boyunca değerli bilgi ve tecrübelerini daima bizlerle paylaşarak bize yol gösteren Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı öğretim üyelerine

Çalışmalarım boyunca bana yardımcı olan Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı araştırma görevlisi arkadaşlarıma,

Hayatım boyunca desteklerini her zaman yanımda hissettiğim, benden hiçbir fedakârlığı esirgemeyen annem, babam ve kardeşlerime

Teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim.

Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi (OMÜ) Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Proje Yönetim Ofisi tarafından PYO.DIS.1904.21.010 proje numarası ile desteklenmiştir.

ÖZET

REDÜKSİYONLU ANTERİÖR DİSK DEPLASMANINDA KULLANILAN OKLUZAL STABİLİZASYON SPLİNT TEDAVİSİNİN TEMPOROMANDİBULAR EKLEM YAPILARI ÜZERİNE ETKİLERİNİN BİYOMEKANİK OLARAK İNCELENMESİ

Amaç: Temporomandibular bozukluklar (TMB), ağrı ve disfonksiyon gibi semptomlara neden olan klinik durumlardır ve redüksiyonlu anterior disk deplasmanı (RADD) sık görülen bir TMB'dir. Temporomandibular eklem(TME) diskinin hareket derecelerinin incelenmesi, tanı ve tedavi yöntemlerini belirlemede kritik öneme sahiptir, ve konservatif tedavi yöntemleri, özellikle oklüzal stabilizasyon splintleri(OSS), RADD'li hastalar için etkili bir tedavi sağlar. Çalışmamızın amacı; OSS tedavisinin TME yapıları üzerine etkilerinin biyomekanik olarak incelenmesidir.

Materyal ve Metot: Çalışmamızda, RADD tanısı olan bir hastada OSS tedavisinin temporomandibular eklem (TME) yapıları üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Sonlu eleman analizi kullanarak, TME'nin 3 boyutlu modelleri oluşturulmuştur. Disk pozisyonundaki değişimin etkisini anlamak adına, TME iki modelde, birinde anatomik pozisyonda ve diğerinde anterior pozisyonda konumlandırılmıştır.

Bulgular: TME modelleri, sonlu elemanlar analizi (SEA) ile incelenmiştir, bu sayısal yöntem kuvvet ve stresleri belirlemeye yardımcı olur. Bulgular, OSS tedavisinin TME yapılarına olumlu etkisi olduğunu göstermektedir. Splintler, eklem diskinin ön kısmını rahatlatarak kaymayı ve fazla kuvvetleri engellemektedir.

Sonuç: OSS tedavisi, TME yapılarındaki stresi azaltmakta ve eklem hareketliliğini arttırmaktadır. Bulgular hastalara uygulanacak tedavilerin TME yapısına etkilerini inceleyen bir yaklaşım sunmaktadır. Bu yöntem kullanılarak, TME yapılarının kuvvetleri, stresleri ve deformasyonları değerlendirilebilmektedir ve daha doğru ve etkili tedavi yöntemlerinin geliştirilmesine yardımcı olabilir.

Anahtar Kelimeler: Oklüzal stabilizasyon splinti; Redüksiyonlu anterior disk deplasmanı; Sonlu elemanlar analizi; Temporomandibular eklem bozuklukları

Zeynep ÖZDEMİR, Uzmanlık Tezi Ondokuz Mayıs Üniversitesi-Samsun, Mayıs-2023

ABSTRACT

BIOMECHANICAL INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF OCCLOSAL STABILIZATION SPLINT THERAPY USED IN REDUCED ANTERIOR DISC DISPLACEMENT ON THE TEMPOROMANDIBULAR JOINT STRUCTURES

Aim: Temporomandibular disorders (TMD) are clinical conditions characterized by symptoms such as pain and dysfunction, with reduced anterior disc displacement (RADD) being a common TMD. The examination of the movement degrees of the temporomandibular joint (TMJ) disc is crucial for determining diagnosis and treatment methods, and conservative treatment approaches, particularly occlusal stabilization splints (OSS), provide effective treatment for patients with RADD. The aim of our study is to investigate the biomechanical effects of OSS treatment on TMJ structures.

Materials and Methods: In our study, we investigate the effect of occlusal stabilization splint (OSS) therapy on temporomandibular joint (TMJ) structures in a patient diagnosed with reducible anterior disc displacement (RADD). Using finite element analysis, 3D models of the TMJ were created. To understand the impact of disc position changes, the TMJ was positioned in two models: one in the anatomical position and the other in the anterior position.

Results: TME models were analyzed using finite element analysis (FEA), which helps determine forces and stresses. The results show that OSS therapy has a positive effect on TME structures. Splints alleviate the anterior part of the joint disc, preventing displacement and excessive forces.

Conclusion: OSS treatment reduces stress in TMJ structures and increases joint mobility. The findings offer an approach for examining the effects of treatments applied to patients on TMJ structures. This method allows the evaluation of the forces, stresses, and deformations in TMJ structures and may contribute to the development of more accurate and effective treatment methods.

Keywords: Anterior disc displacement with reduction; Finite element analysis; Occlusal stabilization splint; Temporomandibular joint disorders

Zeynep ÖZDEMİR, **Specialty Thesis**

University of Ondokuz Mayıs-Samsun, Mayıs 2023

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

BT	: Bilgisayarlı Tomografi
KPa	: Kilopaskal
mm	: Milimetre
MPa	: Megapaskal
MRG	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
N	: Newton
OSS	: Okluzal Stabilizasyon Splinti
RADD	: Redüksiyonlu Anterior Disk Deplasmanı
SEA	: Sonlu Elemanlar Analizi
TMB	: Temporomandibular bozukluk
TME	: Temporomandibular eklem
μm	: Mikron
v	: Poisson Oranı
ε	: Gerinim
σ	: Asal Gerilimler

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
1.GİRİŞ	8
2.GENEL BİLGİLER.....	10
2.1. Temporomandibular Eklem	10
2.1.1. Temporomandibular Eklem Embriyolojisi.....	10
2.1.2.Tempormandibular Eklem Anatomisi.....	11
2.1.2.1.Mandibular Kondil.....	12
2.1.2.2.Glenoid Fossa ve Artiküler Eminens	12
2.1.2.3.Artiküler Disk.....	13
2.1.2.4.Artiküler Kıkırdak.....	15
2.1.2.5.Tempormandibular Eklem Ligamentleri	16
2.1.2.6.Çiğneme Kasları	23
2.1.2.7. Retrodiskal dokular (bilaminar alan)	28
2.1.2.8. Sinovyal Membran, Sinovyal Sıvı ve TME'nin Kayganlık Mekanizması	28
2.1.2.9. Temporomandibular Eklem Damar ve Sinir Yapısı.....	30
2.1.3. Temporomandibular Eklem Biyomekaniği	32
2.1.4. Temporomandibular Bozukluklar.....	34
2.1.4.1Tempormandibular Bozuklukların Etiyolojisi	36
2.1.4.2.Tempormandibular Bozuklukların patofizyolojisi	37
2.1.4.3.Tempormandibular Bozuklukların Sınıflandırılması	38
2.1.4.4.Tempormandibular Düzensizliklerde Tanı Kriterleri (DC/TMD)	42
2.1.4.5.Disk Deplasmanları.....	45
2.1.4.6. Disk Deplasmanlarında Diskin Yer Değiştirme miktarı ve yönü	48
2.1.4.7. Redüksiyonlu Anterior Disk Deplasmanı.....	50
2.1.4.8. Redüksiyonlu Anterior Disk Deplasmanının Etiyolojisi	50
2.1.4.9.Redüksiyonlu Anterior Disk Deplasmanında Teshis Yöntemleri	51
2.2. Stres Analiz Yöntemleri	64
2.2.1. Sonlu elemanlar analizi.....	65
2.2.1.1. Sonlu Eleman Analizinde kullanılan bazı temel kavramlar	66
2.2.1.2. Temporomandibuler eklem Sonlu eleman analizi Yöntemi ile Analizi	70

3.MATERYAL VE METOT	72
3.1. Modellerin elde edilmesi	73
3.1.1. Çalışmada kullanılan gereçler ve metot	73
4.BULGULAR.....	89
4.1. Model 1.....	89
4.1.1. Model 1 Eklem Diski Üst Yüzeyi Von Misses Stresleri	89
4.1.2. Model 1 Eklem Diski Üst Yüzeyi Minimum ve Maksimum Principle Stresler	91
4.2.Model 2.....	95
4.2.1. Model 2 Eklem Diski Üst Yüzeyi Von Misses Stresleri	95
4.2.2. Model 2 Eklem Diski Üst Yüzeyi Maksimum Minimum Principle Stresler	97
4.3. Model 1 ve 2'nin Karşılaştırılması	101
4.3.1 Model 1 ve Model 2 Eklem Diskinin Üst Yüzeyinde Von Mises Streslerinin Karşılaştırılması	101
4.3.2. Model 1 Ve Model 2 Eklem Diskinin Üst Yüzeyinde Minimum Principle Streslerin Karşılaştırılması	103
4.3.3. Model 1 Ve Model 2 Eklem Diskinin Üst Yüzeyinde Maksimum Principle Streslerin Karşılaştırılması	104
4.3.4. Model 1 Ve Model 2 Kondil Başındaki Minimum Principle Streslerin Karşılaştırılması	106
5.TARTIŞMA.....	110
6.SONUÇ VE ÖNERİLER	127
KAYNAKLAR.....	129

1.GİRİŞ

Temporomandibular eklem hastalıkları, toplumda sık rastlanan fakat nedenleri kesin olarak bilinmeyen, eklemeye bağlı kassal veya artrojenik bozuklukları kapsayan bir hastalık grubudur. Temporomandibular bozukluklar ise, eklemeye ait hastalıkların tümünü kapsayarak birçok hastada eklem ile kas bulgularının çoğunlukla birlikte görüldüğü bir terimdir. Nedeni kesin olarak bilinmemesi, tedavi yaklaşımlarını daha çok ağrı kontrolüne yönlendirmiştir^{1,2}. Ancak nedeni bilinirse, tedavi yöntemi buna göre belirlenmelidir.

Redüksiyonlu anterior disk deplasmanı (RADD), Temporomandibular Bozukluklarının (TMB) %15-%25'inde karşılaşılan bir eklem hastalığıdır³. Hastalarda genellikle ağrı, ağız açmada kısıtlılık ve eklem sesleri sıkça görülen semptomlardır. RADD tanılı hastalardaki tedavileri sonucunda ulaşılmak istenen temel amaç, bütün temporomandibular eklem hastalarındaki gibi ağrıyı gidermek veya azaltmak, fonksiyonu düzeltmektir. Temporomandibular bozuklukların tedavilerine yaklaşımlar arasında koruyucu (fizyoterapiler, oklüzal splint terapisi, ilaç tedavileri) ve ikincil olarak ise cerrahi uygulanan tedavi yöntemleri (artrosentez, artroskopiler, artrotomiler) bulunmaktadır⁴. Temporomandibular düzensizliği tanısı olan hastaların birçoğu koruyucu tedavilere pozitif yanıt gösterirler sonuç olarak iyileşme sağlanır. Koruyucu tedavi yöntemlerinin tercih edildiği çok fazla sayıda çalışma bulunmaktadır ve temporomandibular düzensizlik tanısı olan hastaların önemli ölçüde bir kısmına bu tedavilerle hastalarda iyileşme sağlanmıştır (%75-%85) ya da tedaviden sonraki süreçte semptomlarında önemli derecelerde azalma görülmüştür⁵.

Koruyucu tedavi yöntemleri arasında yer alan splint kullanımı, hastalığın en yaygın tedavi yöntemlerinden biridir. Oklüzal stabilizasyon splinti (OSS); temporomandibular eklem rahatsızlıklarının tedavisinde sıklıkla kullanılan, sert akrilik malzemeden yapılmış, dişlerin oklüzal veya insizal yüzeylerine uygun şekilde oturan ve karşı dişlerle tam bir oklüzal temas sağlayan çıkarılabilir apareylerdir. Kalınlıkları genellikle 2-4 mm arasında değişmektedir ve her iki dental arkta da kullanılmaktadırlar. OSS'lar, çene kaslarının ve temporomandibular eklem rahatlamaını sağlayarak semptomların azaltılmasına yardımcı olur ve aynı zamanda dişlerin aşınmasını da önleyebilirler⁶⁻⁸. TME üzerindeki basınç etkilerinin incelenmesi klinik çalışmalarda etik olmadığı için splintin etkileri direkt olarak araştırılamamaktadır. Bu nedenle, literatürde OSS'lerin TME üzerindeki biyomekanik etkilerinin değerlendirilmesi için matematiksel

hesaplamalı analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Sonlu elemanlar analizi (SEA), bu yöntemler arasında en sık kullanılanıdır. Bu analizler sayesinde, diş hekimliği ve mühendisliği birleştirerek TME üzerine yeni çalışmalar yapılmaktadır. TME biyomodelle ulaşmak ve gerekli geometrik bilgileri elde etmek için bilgisayarlı tomografi veya manyetik rezonans görüntüleme yöntemlerinden yararlanılmalıdır⁶⁻¹⁰.

Çalışmamızın amacı; RADD tanılı bir hastanın çiğneme kuvvetleriyle oluşan basıncın temporomandibular eklem üzerinde oluşturduğu gerilme dağılımlarının belirlenmesi ve bu gerilimlerin 3 mm kalınlığındaki oklüzal stabilizasyon splintinin kullanımıyla hangi bölgeler üzerinde yoğunlaştığının üç boyutlu sonlu elemanlar analiz yöntemi kullanılarak incelenmesidir. Sonlu elemanlar analizi mühendislikte, yapısal analiz için geliştirilmiş sayısal bir tekniktir. Temporomandibular eklem diski çene hareketlerinde kilit unsurdur. Bu nedenle diskin pozisyonunun eklem üzerine stres etkilerinin anlaşılabilmesi için; eklem diskinin pozisyonu 3 boyutlu modellerde sağlıklı konuma getirilerek sağlıklı ekleme gelen kuvvetlerle anterior konumlu eklem diskine gelen kuvvetler karşılaştırılmıştır.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Temporomandibular Eklem

Temporomandibular Eklem(TME), ginglimodiyartroz grubuna ait bir sinoviyal eklem türüdür. Ginglimus grubu eklemler, çıkıntılı bir eklem yüzüne sahip kondil ve konkav bir eklem yüzünü içeren temporal kemik arasında oluşur. Eklem yüzleri birbirleriyle uyumludur ve hareketin iki boyutta gerçekleşmesini sağlar. Diartrozis, bir eklem yüzünün düz veya hafif konkav veya konveks olduğu, diğerinin buna uyum sağlayacak şekilde kayma hareketi yaptığı bir eklem tipidir. Temporomandibular eklemi oluşturan kemikler, yapılar, kas grupları, ligamentler, kapsül ve diskten oluşur^{8,11-14}.

2.1.1. Temporomandibular Eklem Embriyolojisi

Temporal kemik ve kondilin içindeki iki farklı blastemanın (mezenşim kondenzasyonu) gelişimiyle başlayan temporomandibular eklem, gebeliğin 10. haftasında oluşmaya başlar. kondiler blastemanın üst kısmında yer alan Mezenşimal hücre bandı daha sonra diske doğru doku farklılaşması olacak şekilde gelişimine devam eder¹⁵⁻¹⁷. Kondil, temporal mezenşimal hücreleri membranöz kemiğin üst kısmında ilerleyen osteoblastlara farklılaşma gösterir. Gebelik sürecinin 12. haftasından 32. haftasına kadar fetal TME X-ışınları ile incelendiğinde kondil başının kalsifikasyon derecesi temporal kemikten daha fazla olduğu izlenmiştir.

Kondil merkezinde kıkırdak gelişir ve yaşamın 27 yaşına kadar olan sürecinde ikincil kıkırdak haline dönüşür. İkincil kıkırdak, endokondral mekanizmayla kemik oluşumuna katkıda bulunur ve yetişkinlik döneminde kondilin adaptif değişikliklerinin aşırı yüklemeye uyum sağlayan bir parçasıdır¹⁵.

Artiküler disk, uterusta mezenşimal hücre topluluğu olarak 7,5. haftada ortaya çıkar. Disk, damarsal ve hücrel olarak zengin yapı gözsterir. Gelişirken hareket yönü öne doğdur. Lateral pterygoid kas da harekete eşlik eder ve meckel kıkırdağının sonundaki bir ligamentin üst kısmı ile birlikte orta kulaktaki malleousa doğru yönelir^{16,17}.

İnsanda diskin fetal dönemde gelişimi sırasında, arka ve ön bağlantılar, mastikasyon işlevi sonucunda elastik fibril gelişimi olduğu düşüncesinin aksine, zengin elastik fibril içeriğine sahiptir. Gelişmekte olan temporomandibular eklem (TME),

gebeliğin 14. haftasında olgun eklem bileşenlerini sergilemektedir. İlgi çekici bir şekilde, fetüste disk, ön bant, ara katman ve arka bant olarak ayrılmıştır.

Eklem kapsülü, dokuz ve onbirinci haftaların arasındaki zamanda, gelecekteki eklem alanının etrafında ince iplikçikleri andıran şekillerde yapılar oluşmaya başlar. 17. haftanın sonlarında, kapsül sınırları belirginleşir ve 26. haftadan itibaren kapsülün sinovyal ve hücresel yapıları ayrışır^{16,18}.

Lateral pterygoid kasının üst kısmı 9 ila 10. haftalarda diske ve kapsüle yönlendirilirken, alt kısmı kondil yönünde hareket eder. Masseter ve temporal kasların dalları da disk içerisinde bulunabilir^{17,19}. 10. haftada eklem çevresindeki birincil vasküler yapılar organize hale gelir. Disk vasküler yapı göstermemekle birlikte, diskin çevresinde ince vasküler yapılar bulunmaktadır. Disk üzerindeki sinir uçları doğumdan sonraki 20. haftada hızla azalır ve bu nedenle diskte sinirsel dağılım görülmez^{14,16,17}.

2.1.2.Temporomandibular Eklem Anatomisi

Temporomandibular eklem(TME), kafa iskeletinin hareketli bir eklemi olup, masseter alanının arka üst tarafında dış kulak yolunun ön kısmında ve mandibular kondil ile temporal kemiğin artiküler fossasının arasında yer alır. Bu eklem, iki kemik yapıya sahip olan sinovyal bir eklem olup, bağlı kaslar ve sınırlayıcı bağlar tarafından sağlanan hareket alanında hareket edebilir. Fibröz bağ dokusu olan kapsül, eklem yüzeylerini saran ve kemiğe sıkça bağlanarak, temporomandibular eklemi (TME) medial ve lateral açıdan tüm eklem yüzeylerini kaplar. Eklem içinde sinovyal sıvı bulunur ve kayganlaştırma işlevi görürken, damarlaşmamış eklem içi yüzeylerin beslenme ve metabolik gereksinimlerini karşılar. TME işlevsel olarak bileşik bir eklem olarak kabul edilir ve temporal kemiğe ait eklem yüzeyi artiküler diskin üst ve alt yüzeylere ait bölgeleri, mandibula kondili, olmak üzere dört eklem yüzeyinden meydana gelir. Artiküler disk, kemik olmayan bir yapı gibi hareket ederek, eklemde karmaşık hareketlere izin verir. TME, ginglymoarthrodial eklem olarak adlandırılır ve eklem alt boşluğunda rotasyon ve menteşe hareketi gerçekleştirirken, eklem üst boşluğu translasyon hareketine izin verdiğinden dolayı çeşitli şekillerde sınıflandırılır^{13,14}.

Temporomandibular eklem(TME), mandibular kemik ve temporal kemiğin aralarında bulunan ligament, artiküler disk, yoğun fibröz doku ve ilişkili kaslardan oluşmaktadır.

2.1.2.1.Mandibular Kondil

Mandibular kondil, mandibulanın hareket eden bölümüdür ve kafatası ile eklem yapar. Önden görüldüğünde, medial ve lateral kısımlarında, kutup adı verilen çıkıntılar bulunur. Medial kutup, genel olarak lateral kutuptan daha belirgin olma eğilimindedir. Kondil, ön arka genişliği sekiz on milimetre ve mediolateralden boyutu onbeş yirmi milimetre görülür. Kondilin eklem yüzeyi, kalın fibroelastik dokuda fibroblastlar ve çok sayıda kondrosit içerir. Kondili çevreleyen kısma fibrokartilaj doku olarak isimlendirir ve bileşenleri yaşa ve kondilin farklı bölgelerine göre ön, orta ve arka olarak sınıflandırılır. Genç yaşlarda, kondilde depo hücre tabakası adı verilen, fibrokartilajın en iç katmanını diferansiye olmamış küçük hücrelerden oluşur. Subkondral kemik ile depo görevi olan bu hücre tabakası arasında hyalin kıkırdak bulunur; bu kıkırdak, kondili aşırı yüklemeye uyum sağlayacak şekilde hiperplastik hale getirir. Yaş ilerledikçe, kondil bölgesinde sadece kıkırdak artıkları kalır ve diğer alanlarda kalsifikasyon meydana gelir. Bu aşamada, travma nedeniyle meydana gelen aşırı yüklenme, dejeneratif eklem hastalıklarına neden olabilir^{11,13,20-23}.

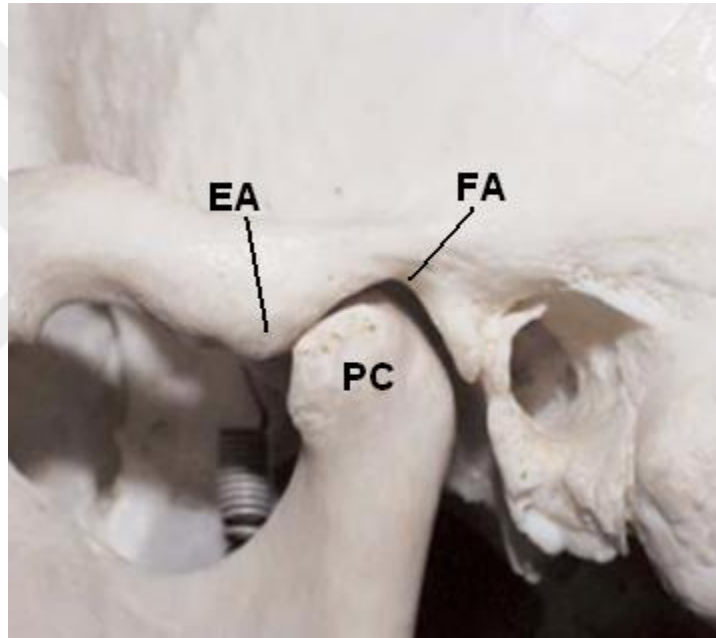
Eklem yüzeyindeki kıkırdak, eşit basınçları subkondral kemiğe aktararak, eklem yapısının sürtünme oluşmadan hareketini sağlamalıdır. Mandibuladaki hareket kısıtlanması, eklem yüzey kısımları daha fazla yüklerin uygulanması sonucunda meydana gelir. Çiğneme sisteminin kuvvetleri sabit olduğunda bile, hipomobilité durumlarında kıkırdak yüzeydeki kuvvet, her birim için artış gösterir. Yapısal değişim oranı, yüklerin genişliği, sıklığı, yönüne ve süresine bağlılık gösterir. Flygare ve ark. göre, aşındırmaya sebep olan değişikliklere maruz kalan eklemlerin kemik miktarının toplamı ve trabeküler kemiğinin oranı, benzer kondilleride kemiğin hacimine karşın büyük ölçüde daha yüksektir^{13,14,24}.

2.1.2.2.Glenoid Fossa ve Artiküler Eminens

Temporal kemiğe ait skamöz bölüm mandibular kondil eklem oluşturur. Temporal kemikteki bu kısım konkav mandibular fossayı meydana getirir. Kondilin bulunduğu bölgeye artiküler yada glenoid fossa adı verilir. Mandibular fossanın arkasında mediolaterale doğru ilerleyen skuamotimpanik fissür bulunur. Fissürün medial yöne ilerlemesiyle ön tarafta petroskuamoz fissür ile arka tarafta petrotimpanik fissür

isimleriyle ikiye ayırım gösterir. Disk dislokasyonu olan hastalarında bu fissürler çoğunlukla kemikleşmiştir^{13,14,24}.

Mandibular fossada ön kısımda bulunan konveks kemik kısmına artiküler eminens denir. Artiküler eminensin konveksliğinin yüksek oranda değişken olduğu bilinmektedir ve önemi büyüktür. Mandibulanın öne yöneldiği hareketinde kondilin yolunun miktarını bu yükseklik belirler. Mandibular fossanın arka bölümü ince bir yapıdadır ve temporal kemiğin buraya dengelen kısmı fazla miktardaki yüklemelere karşı dirençsizdir. Artiküler eminens ise fazla yüklere karşı dirençli yoğunlaşmış kemik dokusundan oluşur^{13,14}. TME'yi oluşturan kemik yapılar (Şekil 2.1)' de gösterilmiştir.



Şekil 2.1: TME'yi oluşturan kemik yapılar. FA: Fossa articularis EA: Eminensia articularis PC: Processus condylaris²⁵

2.1.2.3. Artiküler Disk

Artiküler disk, eklem boşluğunda yer alan fibroelastik kıkırdak yapıdadır. Ağız kapalı durumdayken mandibular fossa ve mandibular kondilin aralarında, ağız açık durumdayken ise tuberculum articulare ve mandibular kondil arasındaki alanda konumlanır. Diskin periferindeki bölümü daha kalın yapıda olup, üstteki yüzey temporal kemiğin eklem yüzeyine uyum sağlayacak şekilde hafif konkav ve arka kısım ise belirgin biçimde konvektir. Alt yüzeyi ise c mandibulanın çaput kısmına doğru konkav şekildedir. Artiküler disk, eklem kapsülüne bağlanarak eklem boşluğunun iki farklı

bölüme ayrılmasını sağlar. Disk, sinir içermez ve fibroz bağ dokusu yapısındadır^{11,13,18,20-23}. Eski çalışmalardaki bilgilerde avasküler bir yapıda olduğu düşünülse de, güncel araştırmalar bunun doğru olmadığını ortaya koymuştur. Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile gerçekleştirilen çalışmalarda, diskin arka kısımdaki bant bölgesinde sinyal yoğunluğunun önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. İç düzensizliklerde, posterior bandın sinyal yoğunluğu ön bant bölgesinde daha fazla bandından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Diske ait posteriordaki binandında bulunan bağ dokusu ve vasküler yapılar bu sinyaldeki yoğunluğun artış nedenini açıklamaktadır. Buradaki bulgular, Temporomandibular eklem (TME) disklerinin histolojik özelliklerini gösteren daha önceki asemptomatik ve semptomatik hastalardaki çalışmaları desteklemektedir. Bir hastanın cerrahi olarak çıkarılan diskinde, kalın posterior bandında, fibröz bağ dokusundan oluşan proliferatif bir katman olduğu bildirilmiştir. Posterior disk bağlantısındaki kan damarlarının semptomatik hastalarda genellikle genişlediği, fibroblastlarla çevrili olduğu ve sinyalin yoğunluğunun artan vaskülarizasyon ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir^{11,13,22,23}. Diskin sagittaldeki kesitinde, en ince olan kısım (intermediate zone) ve arka kısmının öndeki kısmına göre nispeten daha kalın yapı göstermesi ve ön- arka bölgeler boyunca kalınlaşma gösteren 3 bölümden oluştuğu görülür. Sağlıklı bir eklemden kondildeki artiküler yüzeyler, intermediat zone'da yer alır. Artiküler disk, klasik olarak arkada gevşek bağ dokudan meydana gelen ve damar -sinir dokusuyla zenginleşmiş alan ile bağlantı oluşturur; bu alana bilaminar zone, posterior ataşman, retrodiskal laminana adı verilir. Bu bulgular, önceki çalışmalarla da uyumludur^{11,13,14,16,22-24,26,27}.

Cerrahi olarak çıkarılan bir hastanın diskinde, kalın posterior bantta fibröz bağ dokusundan oluşan proliferatif bir katman ve yoğun fibroblastlarla çevrelenmiş kan damarları bulunur. Retrodiskal dokunun üst kısmına üst retrodiskal lamina denir ve elastik lifler bulunduran bağ dokusu ile sınırlanır. Retrodiskal dokunun alt laminası, kollajen liflerinden oluşur ve diskin arka yüzeyinin alt kısmına ve kondilin eklem yüzeyinin arka kısmına bağlanır. Diskin ön bölümündeki üst ve alt bağlantılara kapsüler ligament adı verilir. Ayrıca, disk, m. pterygoideus lateralis'e tendinöz lifle bağlantı gösterir. Öndeki ve arkadaki kısımlarının yanı sıra artiküler disk, orta ve yan kısımlarda da kapsüle uzanan bağlarla bağlantı gösterir. Orta ve yan bölgelere bağlanan kollateral bağlar, esnek olmayan yapılar ve zengin damarlanma ve sinir içeriği ile

karakterizedir^{11,13,14,16,22-24,26,27}. TME eklem diskinin kadavra görüntüsü (Şekil 2.2)' de verilmiştir.

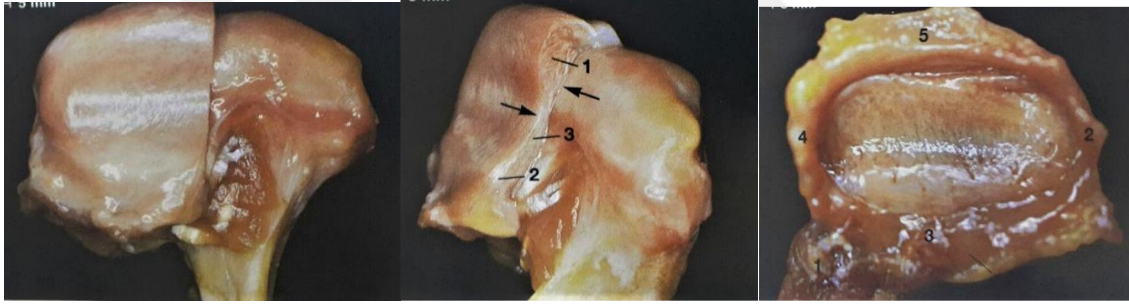


Şekil 2.2: Eklem diskinin kadavra görüntüsü. A: Posterior zone, B: Intermediate zone, C: Anterior zone²⁸

2.1.2.4.Artiküler Kıkırdak

Eklemi oluşturan fossa artikülerisin yüzeyi ve kondil, farklı dört katmandan oluşur. Tabakaların en üstü, eklem kapsülüne yakın olan artiküler tabakadır. Bu tabaka, başka sinovyal eklemlere kıyasla, yoğun fibrötik bağ dokusundan meydana gelir ve hiyalin kıkırdak yapıdan daha farklıdır. Kollajen iplikçikler, artiküler yüzeylere paralel şekilde demet halinde uzanmaktadır ayrıca büyük gerilme güçlerinin karşısında son derece dirençlidir. Fibrötik bağ doku hiyalin kıkırdağa göre daha sağlam olması ve daha üstün onarım kabiliyetine sahip olması, temporomandibular eklem (TME) işlevi ve işlevsizliğinde önemli bir faktör teşkil etmektedir. Alttaki katman, farklılaşma göstermemiş mezenkimal dokudan olur ve proliferatif tabaka olarak adlandırılır. Eklem yüzeylerindeki fonksiyonel kuvvetlere direç meydana gelirse proliferasyon ile artiküler kıkırdak doku cevabı oluşturur. Fibrokartilajinöz tabaka; proliferatif tabakanın altında yer alan üçüncü tabakadır ayrıca baskı ve lateralden gelen yükler karşısında direnci sağlamaktadır. En altta yeralan tabaka ise kalsifiye kıkırdak tabaka olarak adlandırılır ayrıca artiküler alandaki kıkırdak üzerinde dizilen kondroblastlar ve kondrositlerden meydana gelir. Kondrositler, burada hipertrofi nedeniyle ölmekte ve hücresel sitoplazmaları yok olmaktadır. Bu hücreler medüller boşlukta kemik yapılarına dönüşür. Artiküler kıkırdak, kondrositler ve ekstraselüler matris bileşenlerinden oluşur.

Kondrositler, kollajen, proteoglikan, glikoprotein ve enzimler üretirler. Proteoglikan yapısal olarak glikozaminoglikan dizileri ile proteinden meydana gelen karmaşık moleküllerdir. Proteoglikan agregatları meydana getirmek için hiyaluronik asit(HLA) zincirlerine bağlanırlar. Meydana gelen agregatlar, biraraya gelerek geniş protein matrisleri oluşturular. Oluşan yapı, kollajen fibrillerin sarmal düzenlenmesi sayesinde suyu çekmektedir(hidrofiliktir).Bu sayede Proteoglikan kümelerinin su emme özelliği, eklem gelen yüklerin karşılanmasına destek olarak önemli rol oynar. Eklem maruz kaldığı dış baskılar ile kartilaja gelen iç baskılar ile denge halindedir. Gelen yükler arttığında, dokuda sıvısının dışarı doğru hareketi izlenir ortaya yeni oluşmuş bir denge çıkar. Yükler azaldığında, sıvının doku içine hareketi izlenir böylece dokular önceki hacmine dönebilirler. Kartilaj büyük oranda difüzyon yoluyla sinovial sıvıdan beslenir^{12-14,22-24,29,30}. Kondil-Disk yapılarının anterosuperior, anterolateral, inferior görüntüsü (Şekil 2.3)'de verilmiştir.



Şekil 2.3: Kondil-Disk yapılarının anterosuperior, anterolateral, inferior görüntü²⁸

2.1.2.5.Temporomandibular Eklem Ligamentleri

Eklemdeki bağlar, eklem yapısını korumak için önemli bir rol oynarlar. Bu bağlar, kolajen konnektif dokudan oluşur ve gerilmeye karşı dayanıklıdır. Eklem fonksiyonlarına aktif olarak katılmazlar, ancak pasif bir şekilde sınırlayıcı görevi görürler^{13,14}. TME'de üç adet fonksiyonel bağ mevcuttur. Bunlar sırasıyla;

- a)Kollateral ligament,
- b)Kapsular ligament,
- c)Temporomandibular ligament

3 adet de aksesuar ligament(2) bulunur

- a)Sfenomandibular ligament
- b)Stilomandibuler ligament

c) Retinaküler ligament

Ayrıca eklemlerle ilişkisi fonksiyonel ilişki gösteren bir başka ligament ise malleolus.

Fonksiyonel ligamentler

a) Kollateral Ligamentler

Eklemdaki kollateral ligamentler, eklem stabilitesi sağlamak ve eklem hareketlerini düzenlemek gibi önemli işlevlere sahiptir. TME'deki kollateral ligamentler şunları içerir:

Medial Kollateral Ligament (MKL): Medial kollateral ligament, mandibulanın medial kondil çıkıntısından başlayarak, temporal kemikteki glenoid fossa'nın medial duvarına kadar uzanır. MCL, eklemdaki eklem diskinin medial kenarını destekler ve eklem hareketlerini kısıtlamada önemli bir rol oynar. Bu ligament, TME'nin mediyal stabilitesine katkı sağlar ve aşırı lateral hareketleri sınırlar^{14,30-33}.

Lateral Kollateral Ligament (LKL): Lateral kollateral ligament, mandibulanın lateral kondil çıkıntısından başlayarak, temporal kemikteki glenoid fossa'nın lateral duvarına kadar uzanır. LCL, eklemdaki eklem diskinin lateral kenarını destekler ve eklem hareketlerini kısıtlamada önemli bir rol oynar. Bu ligament, TME'nin lateral stabilitesine katkı sağlar ve aşırı medial hareketleri sınırlar. Kollateral ligamentler; TME'nin stabilitesini sağlamak ve aşırı hareketleri önlemek için önemli yapısal bileşenlerdir. Bu ligamentler, eklem karmaşık hareketlerini düzenler ve eklem diskinin uygun konumunu korur. Ayrıca, bu ligamentler, eklem içindeki basınç dağılımına da yardımcı olur ve eklemdaki aşınma ve yıpranmayı en aza indirir.

Kollateral ligamentlerin anatomi ve işlevi üzerine yapılan araştırmalar, TME'nin biyomekanik özelliklerini ve stabilitesini daha iyi anlamamıza katkıda bulunur. Bu bilgiler, temporomandibular bozuklukların teşhis ve tedavisinde önemli bir rol oynar ve eklem sağlıklı işleyişini destekleyen tedavi stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olur^{14,30-33}.

b) Kapsüler Ligament

Temporomandibular eklem (TME) içinde yer alan ve eklemi saran bir bağ dokusu yapısıdır. Bu ligament, eklemi çevreleyen ve stabilize sağlayan fibroz bir yapıdır. Kapsüler ligament, TME'nin çevresindeki yapıları destekler ve eklem hareketlerini düzenler.

Kapsüler ligamentin anatomisi, eklem kapsülü olarak bilinen ve eklemi çevreleyen daha geniş bir yapı olan eklem kapsülünün bir parçasıdır. Kapsüler ligament, temporal kemiğin artiküler tüberkülünden başlar ve mandibulanın kondil çıkıntısına kadar uzanır. Bu ligament, eklem hareketlerini kısıtlamada önemli bir rol oynar ve eklem diskinin uygun konumunu korur^{13,31}.

Kapsüler ligamentin işlevleri şunlardır:

- ❖ Stabilite sağlama: Kapsüler ligament, TME'nin stabilitesine katkıda bulunarak eklemde aşırı hareketleri sınırlar ve eklem diskinin konumunu korur.
- ❖ Biyomekanik destek: Kapsüler ligament, eklem içindeki basınç dağılımına yardımcı olur ve eklemdeki aşınma ve yıpranmayı en aza indirir.
- ❖ Eklem hareketlerini düzenleme: Kapsüler ligament, TME'nin karmaşık hareketlerini düzenler ve eklem hareketlerini kısıtlar.

Kapsüler ligamentin anatomi ve işlevi üzerine yapılan araştırmalar, TME'nin biyomekanik özelliklerini ve stabilitesini daha iyi anlamamıza katkıda bulunur. Bu bilgiler, temporomandibular bozuklukların teşhis ve tedavisinde önemli bir rol oynar ve eklemde sağlıklı işleyişini destekleyen tedavi stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olur^{14,30-33}.

c) Temporomandibular Ligament

Temporomandibular ligament, temporomandibular eklem (TME) içinde bulunan ve eklem stabilitesine katkıda bulunan bir bağ dokusu yapısıdır. Bu ligament, eklemi destekleyen ve stabilite sağlayan fibroz bir yapıdır. TME'nin hareketlerini düzenleyen ve kontrol eden önemli bir yapıdır. Temporomandibular ligamentin anatomisi, temporal kemiğin zygomatic processinden başlar ve mandibulanın kondil çıkıntısının lateral yüzeyine kadar uzanır. Bu ligament, TME'nin lateral stabilitesini sağlar ve aşırı eklem hareketlerini sınırlar.

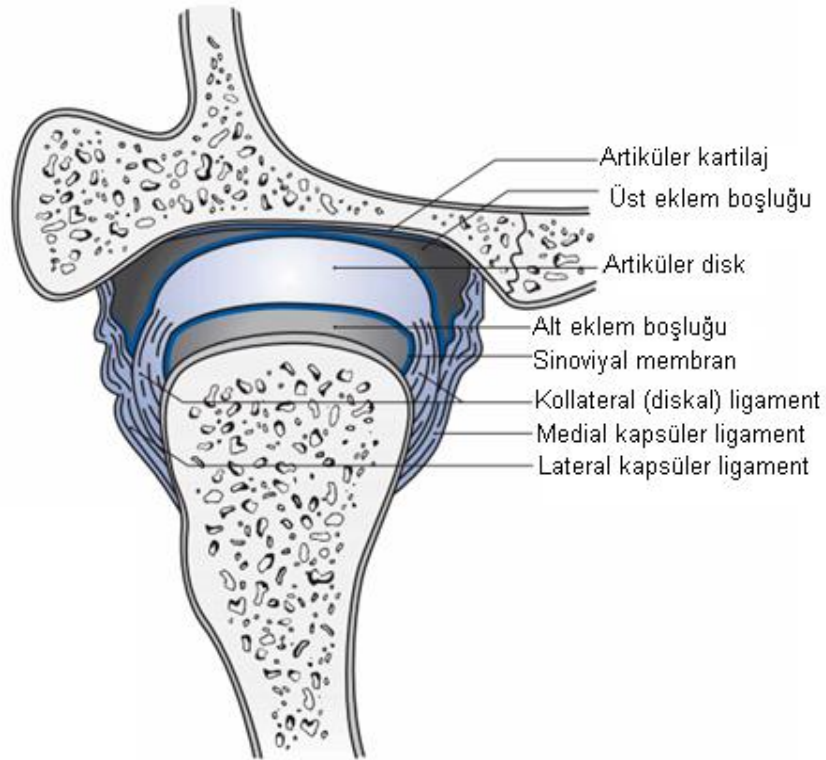
Temporomandibular ligamentin işlevleri şunlardır:

- ❖ Stabilite sağlama: Temporomandibular ligament, TME'nin lateral stabilitesine katkıda bulunarak eklemde aşırı hareketleri sınırlar ve eklem diskinin konumunu korur.

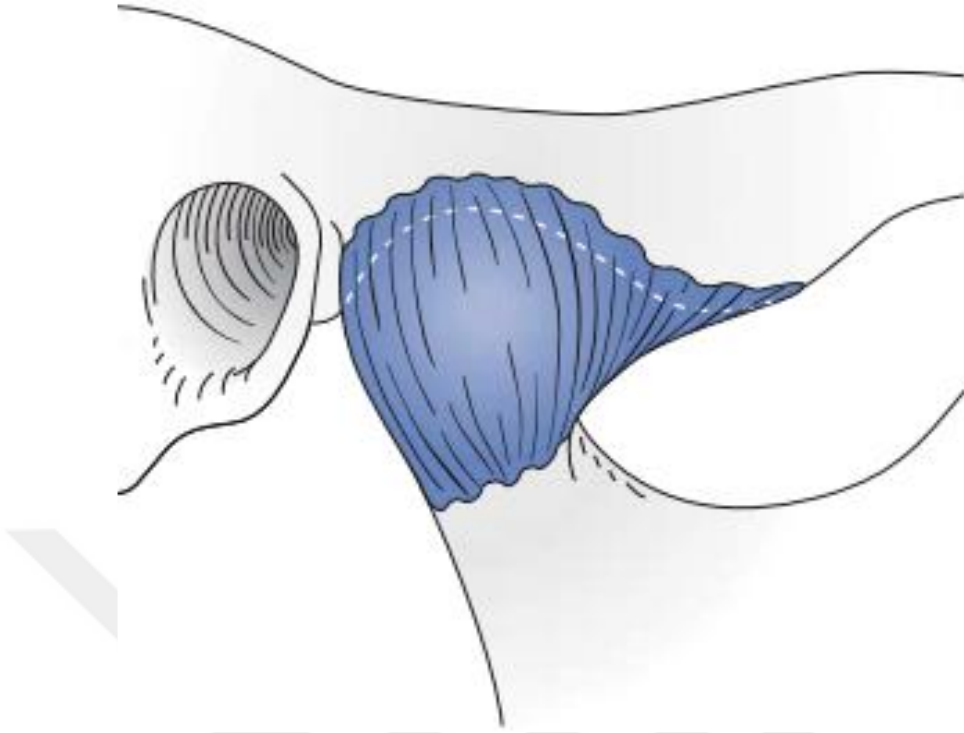
- ❖ Biyomekanik destek: Temporomandibular ligament, eklem içindeki basınç dağılımına yardımcı olur ve eklemdaki aşınma ve yıpranmayı en aza indirir.
- ❖ Eklem hareketlerini düzenleme: Temporomandibular ligament, TME'nin karmaşık hareketlerini düzenler ve eklem hareketlerini kısıtlar.

Temporomandibular ligamentin anatomi ve işlevi üzerine yapılan araştırmalar, TME'nin biyomekanik özelliklerini ve stabilitesini daha iyi anlamamıza katkıda bulunur. Bu bilgiler, temporomandibular bozuklukların teşhis ve tedavisinde önemli bir rol oynar ve eklemün sağlıklı işleyişini destekleyen tedavi stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olur^{11,13,23,26,34}.

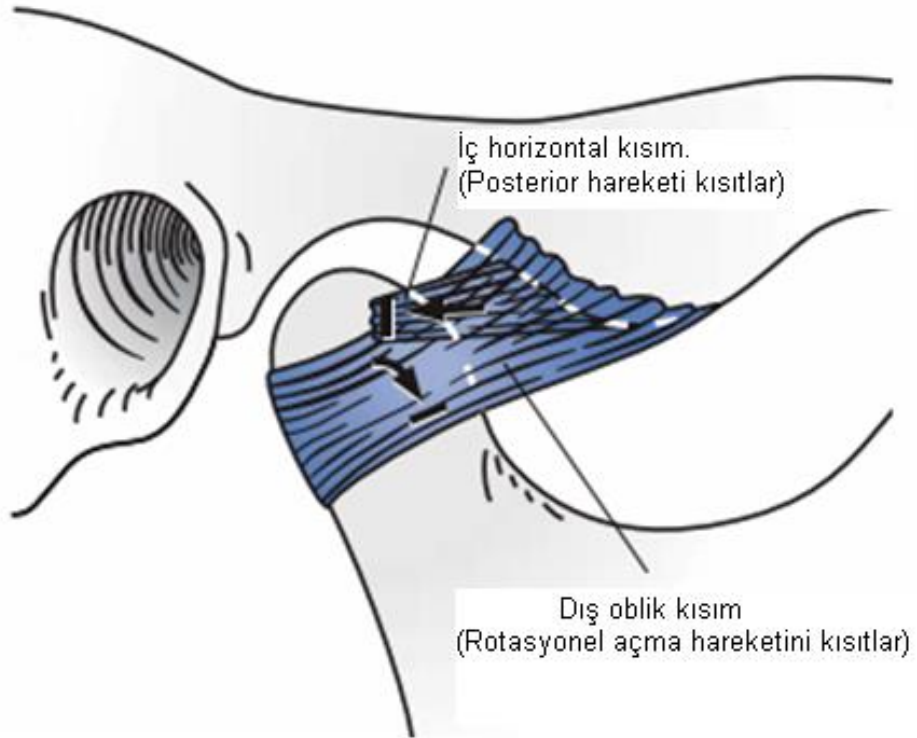
Kondilin çevresindeki anatomik yapılarla ilişkisi (Şekil 2.4)'te; kapsüler ligameantın anatomik konumu (Şekil 2.5)'te; temporomandibular ligamentin anatomik konumu (Şekil 2.5)'te gösterilmiştir.



Şekil2.4: Temporomandibular eklem koronal görünümü. ²⁸



Şekil 2.5: Ligamentum capsulare. ²⁸



Şekil 2.6: Ligamentum temporo-mandibulare ³²

Aksesuar ligamentler

Aksesuar ligamentler, TME'nin işlevselliğini ve stabilitesini sağlamaya yardımcı olan ek bağ dokusu yapılarıdır. TME'deki aksesuar ligamentler şunlardır:

a) Sfenomandibular ligament: Bu ligament, sphenoid kemiğin spina angularisinden başlar ve mandibulanın lingula adı verilen çıkıntısına kadar uzanır. Bu ligament, TME'nin medial tarafında yer alır ve mandibulanın aşağıya ve arkaya doğru hareketini sınırlar^{32,35}.

b) Stylomandibular ligament: Bu ligament, temporal kemiğin styloid çıkıntısından başlar ve mandibulanın arka ve alt kenarına kadar uzanır. Stylomandibular ligament, TME'nin lateral tarafında yer alır ve çene hareketlerinin düzenlenmesine yardımcı olur^{14,33}. Stylomandibular ve sfenomandibular ligamentlerin anatomik konumları (Şekil 2.7)'de gösterilmiştir.

Aksesuar ligamentlerin işlevleri şunlardır:

- ❖ **Stabilite:** Aksesuar ligamentler, TME'nin stabilitesine katkıda bulunarak eklem hareketlerini düzenler ve eklem diskinin konumunu korur.
- ❖ **Hareket kısıtlaması:** Aksesuar ligamentler, TME'nin hareket aralığını sınırlar ve aşırı hareketleri engelleyerek eklem yırpanmasını ve hasar görmesini önler.
- ❖ **Biyomekanik destek:** Aksesuar ligamentler, TME'nin biyomekanik özelliklerine katkıda bulunur ve eklemdeki basınç dağılımını sağlar.

Aksesuar ligamentlerin anatomi ve işlevi üzerine yapılan araştırmalar, TME'nin biyomekanik özelliklerini ve stabilitesini daha iyi anlamamıza katkıda bulunur. Bu bilgiler, temporomandibular bozuklukların teşhis ve tedavisinde önemli bir rol oynar ve eklem sağlığı işleyişini destekleyen tedavi stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olur^{32,35}.

c) Retinaküler Ligament

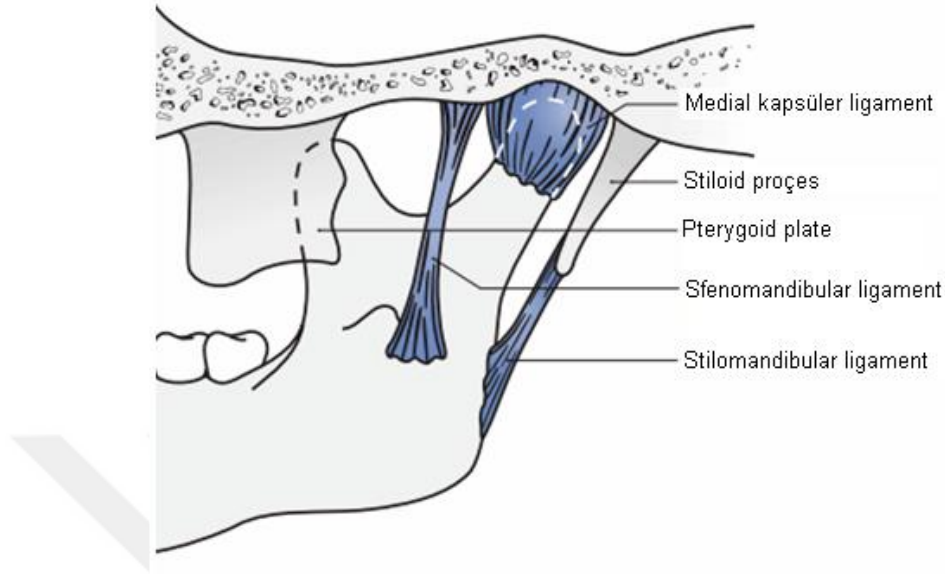
Retinaküler ligamentler, TME'deki disk ve kondilin stabilitesini sağlayan yapılardır. Bu lifler, eklem diskinin ve kondilin doğru konumda ve işlevsel kalmasına yardımcı olur.

Retinaküler ligamentler ve retrodiskal dokular, TME'nin sağlıklı işleyişine ve eklem stabilitesine katkıda bulunan bağ dokusu yapılarıdır. Retinaküler ligamentler, eklem diskinin ve kondilin istikrarını sağlarken, retrodiskal dokular ise eklem diskinin arka kısmının desteklenmesine, amortisör görevi görmesine ve eklem vasküler ve sinir yapılarının korunmasına yardımcı olur. Bu yapılar, TME'nin düzgün işleyişini ve hareketlerini düzenlemeye yardımcı olarak, eklemdeki stres ve sürtünmeyi azaltır ve aşınma riskini düşürür^{14,31}.

❖ Malleous Ligamentler

Anterior malleolar ligament, 1962 yılında Pinto'nun çalışmalarının sonucu olarak, başlangıçta malleusun etrafındaki demet olarak kas kökenli bir yapı olarak düşünülmüyordu. Ancak günümüzde, yapısının fibroelastik olduğu aynı zamanda ligament özelliği gösterdiği ve anteriordaki malleolar ligamentin morfolojik olarak benzerliğinin sfenomandibular ligamentle olduğu ve malleus ile mandibula arasında bağlantı sağladığı kabul edilmektedir^{36,37}. Birçok çalışma, orta kulakta anterior malleolar ligamentin varlığını ifade etmiş olsa da, sfenomandibular ligamentle olan ilişkisi hala belirsizdir. Araştırmacıların bazıları, önde bulunan malleolar ligament ismi güncellenerek malleomandibular ligament olarak değiştirdiler ve sfenomandibular ligamente ait timpanik kısmı olduğunu kabul ettiler, bunun temelinde fibrotik dokunun, petrotimpanik fissürü aştığı yerden sonrasında sfenomandibular ligamente katılması vardır. Diskomalleolar ligament ise TME ve malleus kemik arasındaki alanda diğer yapılara bağımlı olmayan bir ligament olarak kabul edilir. Çok sayıda çalışmayla TME ve orta kulak arasında yerleşen ligament yapılarının otolojik belirtilere yol açıp açmadığını incelemiştir. Bu durum, RADD'de malleus hareketi ile diskomalleolar ligamentin gerilime bağlı olarak ortaya çıkabilir. Ek olarak, TME'ye yapılan cerrahiler esnasında kondilin fazla miktarda hareketiyle veya distraksiyon osteogenezisi esnasında ramus fazlaca açılması sonucuyla duyma ile ilgili belirtiler ortaya çıkabilir^{31,36,37}. Şencimen³² ve arkadaşlarının kadavralar üzerinde(15 adet) gerçekleştirdiği bir çalışmada, malleus ve TME arasındaki ligamentlerin anatomik ve fonksiyonel özellikleri incelenmiştir. Sonuç olarak, anatomik yönden diskomalleolarin ve anterior malleolar ligamentlerin tüm kadavralardan saptanmış olduğu belirtilmiştir. Diskomalleolar ligament gerilmesi, fonksiyonel açıdan, sonucu malleusta herhangi bir hareket gözlenmezken, ön malleolar ligament gerilmesi ile kadavraların bir kısmında(%33) önemli hareket, bir

bölümünde(%40) hafif hareket ve hiç hareket ilemeyen(%27) gruplar olduğu gözlenmemiştir.



Şekil 2.7: Stilomandibular ve sfenomandibular ligament³².

2.1.2.6.Çiğneme Kasları

Çiğneme işlevini yerine getiren dört çift kas vardır: temporal, masseter, lateral ve medial pterygoid. Mandibular fonksiyonlarda önemli bir rol oynamasına rağmen digastrik kas çiğneme kası olarak kabul edilmez.

a)Masseter Kas

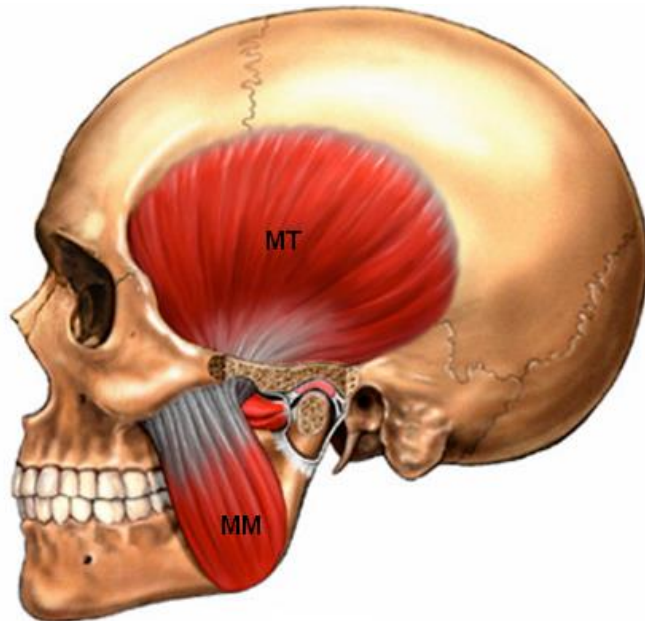
Mandibula ramusunun lateraldeki kısmında zigomatik ark boyunca bulunan dörtgen şeklinde kas vardır. Özellikle molar dişlerin temasını sağlamak çiğneme sırasında mandibulayı yukarı kaldırır. Masseter kası, iki bölümden oluşur: yüzeysel ve derin. Bu bölümler birbirinden tam olarak ayrılmaz ve farklı fonksiyonlara sahiptir. Derindeki parçası mandibulaya retrüzyonunun, yüzeysel parça ise protrüzyonunun gerçekleştirilmesine destek olur. İpsilateral harekette masseteri derin parçası aktiftir, kontralateral harekette ise yüzeysel masseter aktiftir^{12-14,23,24,30}.

b)Temporal Kas

Temporal kas, kraniyofasiyal bölgede bulunan güçlü ve geniş bir çiğneme kasıdır. (Şekil 2.8) Başın yan tarafında, temporal kemik üzerinde yer alır ve mandibulaya

bağlanır. Temporal kasın anatomik yapısı ve işlevi, alt çene hareketlerinde önemli bir rol oynar.

Temporal kas, temporal fossa adı verilen alanda, temporal kemik ve frontal kemik üzerinde köken alır. Bu bölge, temporal çizginin üst sınırından başlayarak, temporal kemik ve parietal kemik arasındaki sürekli bir alanı kapsar. Kas lifleri, mandibula üzerinde bulunan koronoid çıkıntı ve mandibular çentik alanına doğru uzanır. Lifler, koronoid çıkıntının ön yüzeyine ve mandibular çentik üzerindeki temporal tüberkül ile mandibular çentik arasındaki yüzeye yapışır. Temporal kas, trigeminal sinirin (V. kranial sinir) mandibular dalı (V3) tarafından inerve edilir. Bu sinir dalı, temporal kasın derin yüzeyine girer ve kas liflerini innerve eder. Temporal kasın kan dolaşımı, süperfisiyal temporal arter ve derin temporal arterler tarafından sağlanır. Süperfisiyal temporal arter, harici karotid arterden köken alırken, derin temporal arterler ise maksiller arterden köken alır. Venöz drenaj, süperfisiyal temporal ven ve derin temporal venler ile sağlanır. Temporal kas, öncelikle mandibulanın (alt çene kemiği) yukarı ve geriye doğru kapanmasını (elevasyon) sağlar ve çiğneme işleminde önemli bir rol oynar. Ayrıca, mandibulanın yan hareketlerine (lateral ekskürsiyon) de katkı sağlar, bu sayede yiyecekleri öğütmeye yardımcı olur. Temporal kas, çiğneme ve çene hareketlerinde büyük bir etkiye sahip olduğundan, disfonksiyonları ve kas gerginlikleri, temporomandibular eklem rahatsızlıklarına ve baş ağrılarına neden olabilir^{12-14,23,24,30}.



Şekil 2.8: MT: M.Temporalis, MM: M. Massatericus¹⁶

c) Medial Pterygoid Kas

Medial pterygoid kas, çene hareketine yardımcı olan dört çiğneme kasından biridir ve alt çenenin yukarı ve yan hareketlerini sağlar. Bu kas, anatomik olarak iki başı olan üçgen şeklinde bir yapıya sahiptir ve iki bölümden oluşur. Üst baş; medial pterygoid kasının üst başı, kafa tabanındaki sfenoid kemiğin medial pterygoid plakından başlar. Bu yapı, kasın küçük ve ince bölümüdür. Alt baş; kasın daha geniş ve güçlü olan alt başı, maksilla kemik (üst çene kemiği) ve palatin kemikten köken alır. Bu baş, üst başa göre daha büyük ve daha güçlüdür.

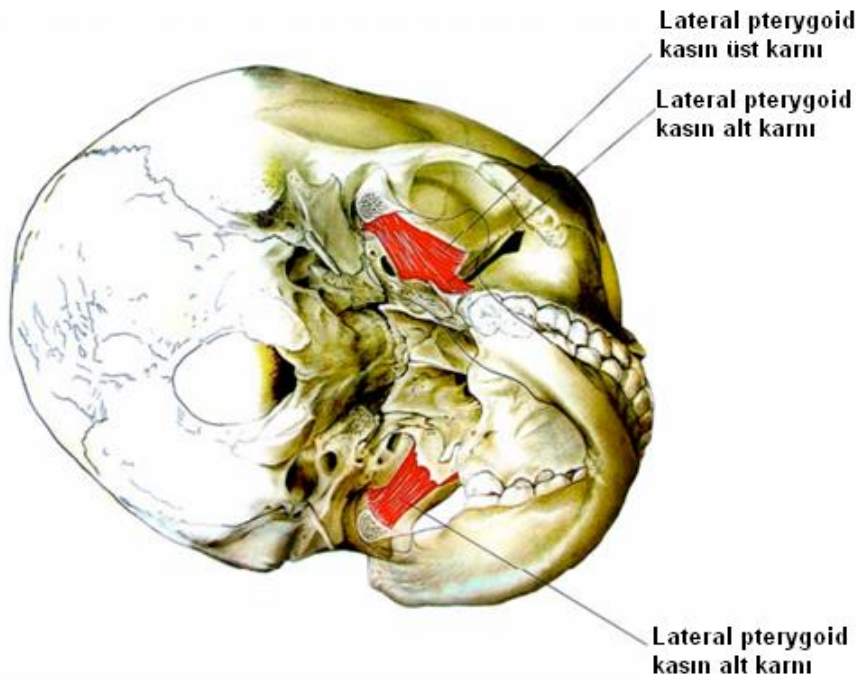
Medial pterygoid kas, başlangıç bölgelerinden sonra alt çenenin iç yüzeyine, özellikle mandibulanın medial yüzeyine ve açısına doğru uzanır. İnterinsertion bölgesinde, medial pterygoid kas mandibulanın iç yüzeyine bağlanır. Kasılma esnasında, medial pterygoid kas mandibulayı yukarı ve içe doğru çeker, böylece çene kapanır ve yan hareket sağlanır. Bu yan hareket, medial pterygoid kasın kasılmasıyla aynı tarafta gerçekleşir. Örneğin, sağ taraftaki medial pterygoid kas kasıldığında, çene sağ tarafa doğru hareket eder^{12-14,23,24,30}.

d) Lateral Pterygoid Kas

Lateral pterygoid kas, çene hareketlerini düzenleyen dört çiğneme kasından biridir ve özellikle alt çenenin protrüzyon (ileri doğru hareket) ve yan hareketlerini sağlar. Anatomik olarak, bu kas iki baştan oluşur ve şu bölümleri içerir:

Üst baş (superior head): Lateral pterygoid kasının üst başı, kafa tabanında bulunan sfenoid kemiğin büyük kanadının infratemporal yüzeyinden köken alır. Bu baş, kasın daha kısa ve kalın bölümüdür. Alt baş (inferior head): Kasın daha uzun ve ince olan alt başı, aynı sfenoid kemiğin lateral pterygoid plakasından başlar. Bu baş, üst başa göre daha uzun ve daha incedir. Lateral pterygoid kas, başlangıç bölgelerinden sonra mandibulanın ön bölgesine doğru uzanır. Üst baş, temporomandibular eklem (TME) diski ve kondilin arkasına yerleşirken, alt baş doğrudan mandibulanın kondilin ön kısmına ve içinde pterygoid fovea olarak adlandırılan küçük bir çukurluğa bağlanır. Kasılma sırasında, lateral pterygoid kas, üst ve alt başların birlikte çalışmasıyla mandibulayı öne doğru çeker (protrüzyon) ve ağız açılır. Ayrıca, sadece bir taraftaki lateral pterygoid kasın kasılmasıyla çene karşı tarafa doğru yan hareket yapar. Örneğin, sol taraftaki lateral pterygoid kas kasıldığında, çene sağ tarafa doğru hareket eder.

Lateral pterygoid kasının üst başı, temporomandibular eklem diski ile ilişkilidir. Bu kasın kasılması, eklem diskinin hareketini etkiler ve düzgün bir şekilde yerleşmesini sağlar. Özellikle, lateral pterygoid kasının üst başı kasıldığında, TME diski mandibulanın kondilinin önüne doğru hareket eder ve ağız açılması sırasında bu hareket önemlidir. Ağız açıldığında, lateral pterygoid kasının alt başı mandibulanın kondilini öne doğru çeker, bu da ağız açılması ve çenenin ileri doğru hareket etmesine (protrüzyon) neden olur. Bu süre zarfında, üst başın kasılması, TME diskinin de mandibulanın kondili ile uyumlu bir şekilde hareket etmesine yardımcı olur. Bu sayede, eklem diski, kondilin ve temporal kemik arasında sürtünmeyi azaltarak, eklem düzgün çalışmasına yardımcı olur. Sonuç olarak, lateral pterygoid kasının eklem diski üzerindeki etkisi, TME'nin uyumlu ve düzgün çalışmasını sağlamaya yardımcı olur ve çene hareketlerini düzgün bir şekilde gerçekleştirmesine olanak tanır^{12-14,23,24,30}. (Şekil 2.9'da gösterilmiştir.)

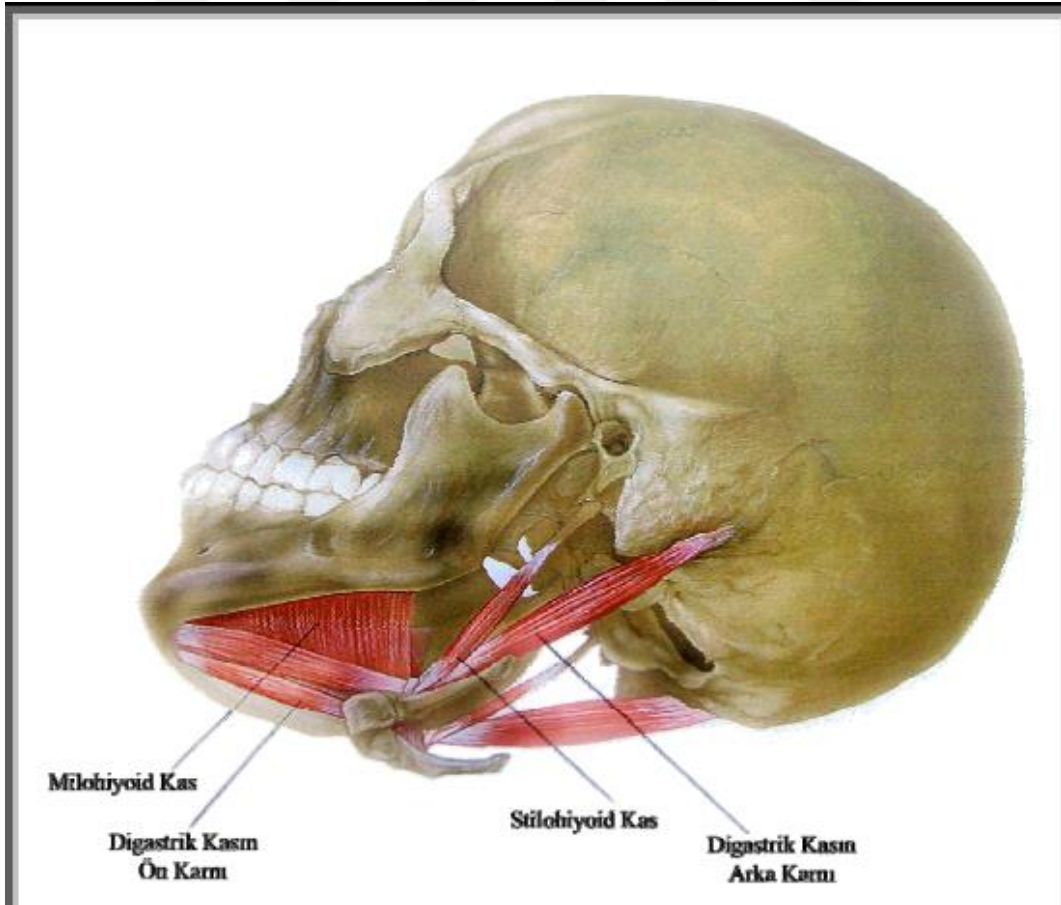


Şekil 2.9: Lateral pterygoid kasın üst ve alt karnları¹⁶.

Bununla birlikte, mandibulanın hareketine katkıda bulunan bazı yardımcı kaslar da bulunmaktadır. Bu kaslar şunlardır:

- ❖ **Digastrik kas:** Bu kas, mandibulanın alt kenarına yerleşir ve ağız açılması sırasında mandibulayı aşağı doğru çeker. Digastrik kas, ağız açılması ve çenenin geriye çekilmesine (retrüzyon) yardımcı olur.

- ❖ Geniohyoid kas: Bu kas, mandibulanın iç yüzeyine yerleşir ve hyoid kemiğe bağlanır, ağız açılması sırasında mandibulayı aşağı ve öne doğru çeker.
- ❖ Mylohyoid kas: Bu kas, mandibulanın iç yüzeyine yerleşir ve hyoid kemiğe bağlanır, dilin hareketine yardımcı olurken aynı zamanda ağız açılması sırasında mandibulayı aşağı doğru çeker. (Şekil 2.10'da gösterilmiştir.)
- ❖ Stilohipoid kas: Bu kas, styloid çıkıntından başlar ve hyoid kemiğe bağlanır, hyoid kemiği ve dolayısıyla mandibulayı yukarı ve geriye doğru çeker, bu da çenenin geriye doğru hareketine (retrüzyon) yardımcı olur. (Şekil 2.10'da gösterilmiştir.)
- ❖ Platizma kası: Bu ince ve yüzeyel kas, boyun ve alt çene bölgelerinde yer alır, ağız açılması sırasında mandibulayı aşağı doğru çeker ve bu harekete yardımcı olur. Bu yardımcı kaslar, çiğneme kaslarıyla birlikte çalışarak mandibulanın karmaşık hareketlerini gerçekleştirmesine yardımcı olur. Bu kaslar sayesinde çene, ağız açma, ağız kapatma, çene ileri ve geri hareketleri ve yan hareketler gibi işlevlerini yerine getirebilir^{12-14,23,24,30}.



Şekil 2.10: Mylohyoid kas, digastrik kas ve stilohipoid kas¹⁶.

2.1.2.7. Retrodiskal dokular (bilaminar alan)

Retrodiskal dokular veya bilaminar alan, temporomandibular eklem (TME) içerisinde yer alan ve eklem diskinin arka kısmını destekleyen özel bir yapıdır. Bu yapı, TME'nin sağlıklı ve düzgün işleyişine katkıda bulunur. Retrodiskal dokular, süperior ve inferiyor retrodiskal lamina olarak iki tabakadan oluşur ve bu tabakalar arasında vasküler ve sinir yapıları içeren gevşek bağ dokusu bulunur. Süperior retrodiskal lamina: Bu yapı, temporal kemiğin artiküler tüberkülünden başlar ve diskin arka kenarına kadar uzanır. Süperior lamina, eklem kapsülünün bir parçasıdır ve diskin arka kısmını desteklemeye yardımcı olur. Inferiyor retrodiskal lamina: Bu yapı, mandibulanın kondilinin arka ve üst kısmından başlar ve diskin arka kenarına kadar uzanır. Inferiyor lamina, eklem kapsülünün bir parçasıdır ve diskin arka kısmını desteklemeye yardımcı olur^{12,14,15,24,38}.

Bilaminar alanın işlevleri şunlardır:

- ❖ Basınç dağılımı: Retrodiskal dokular, eklem hareketi sırasında oluşan basınç ve stresi emer ve dağıtır. Bu sayede, eklem diski ve çevreleyen yapılar üzerindeki yük azalır ve aşınma riski düşer.
- ❖ Eklem diskinin konumunu sağlama: Bilaminar alan, eklem diskinin arka kısmının istikrarını sağlar ve diskin uygun konumda kalmasına yardımcı olur. Ayrıca, ağız açılması sırasında eklem diskinin ve mandibular kondilinin uyumlu hareketine katkıda bulunur. Vasküler ve sinir yapılarını içermek: Bilaminar alan, retrodiskal bölgedeki kan damarları ve sinir yapılarına ev sahipliği yapar. Bu yapılar, eklem diskinin beslenmesini ve duyuşal iletimi sağlar.
- ❖ Esneklik: Retrodiskal dokuların esnekliği sayesinde, temporomandibular eklem geniş bir hareket aralığına sahip olur ve normal çene fonksiyonlarını yerine getirir. Retrodiskal dokular veya bilaminar alan, TME'nin sağlıklı işleyişinde önemli bir role sahiptir ve eklem diskinin desteklenmesi, eklem hareketinin emilimi ve eklem bölgesindeki vasküler ve sinir yapılarının korunması gibi işlevleri yerine getirir^{12,14,15,24,38}.

2.1.2.8. Sinovyal Membran, Sinovyal Sıvı ve TME'nin Kayganlık Mekanizması

Sinovyal membran, temporomandibular eklem (TME) gibi sinovyal eklemlerde bulunan ve eklem boşluğunu çevreleyen ince bir bağ dokusu tabakasıdır. Bu membran,

eklem kıkırdağını besleyen ve eklem kayganlaşmasını sağlayan sinovyal sıvıyı üretir. Sinovyal sıvı, eklem hareketi sırasında sürtünmeyi azaltarak kıkırdağın ve çevreleyen yapıların korunmasına yardımcı olur. Bu sıvı, esas olarak hyaluronik asit ve glikoproteinlerden oluşur. Ayrıca, sinovyal sıvının viskoz yapısı sayesinde eklem hareketlerini daha yumuşak ve sürtünmesiz hale getirir. TME'nin kayganlık mekanizması, sinovyal membran ve sinovyal sıvı ile yakından ilişkilidir. TME'nin kayganlık mekanizmasının işleyişi şu şekildedir; Sinovyal membran, sinovyal sıvıyı sürekli olarak üretir ve eklem içindeki sıvı seviyesini dengede tutar. Sinovyal sıvı, eklem yüzeyleri arasında bir film tabakası oluşturarak sürtünmeyi önemli ölçüde azaltır^{12,14,15,24,38}. Bu, kıkırdağın aşınmasını ve dejenerasyonunu önler. TME'nin hareketi sırasında, sinovyal sıvının viskoz yapısı sayesinde basınç ve stres dağıtılır. Bu, eklem diski ve çevreleyen yapılar üzerindeki yükü azaltarak eklemdeki aşınma ve yıpranmayı önler. Sinovyal sıvı, eklem kıkırdağının beslenmesini sağlar. Sıvı, kıkırdağı çevreleyen ve besleyen kapillerlerden gelen besinleri taşır. Sinovyal sıvı, eklemdeki artıkları ve metabolik atıkları uzaklaştırarak eklem sağlığını korumaya yardımcı olur. Özetle, sinovyal membran ve sinovyal sıvı, TME'nin kayganlık mekanizmasında önemli bir rol oynar. Bu yapılar, eklem hareketinin sürtünmesiz ve ağrısız olmasını sağlar, aşınmayı önler ve eklem kıkırdağının beslenmesine ve sağlıklı işleyişine katkıda bulunur^{38,39}.

Eklem kayganlık mekanizmaları, eklemlerin düzgün ve verimli bir şekilde hareket etmesine yardımcı olur. İki önemli eklem kayganlık mekanizması, weeping lubrikasyon (ağlayan lubrikasyon) ve boundary lubrikasyon (sınır lubrikasyonu) olarak adlandırılır. Bu süreçler, sürtünmeyi azaltarak eklem düzgün çalışmasına ve kıkırdağın aşınmasını önlemeye yardımcı olur.

- ❖ Weeping Lubrikasyon: Sinovyal eklemlerde meydana gelen ve eklem kıkırdağı üzerinde kayganlık sağlayan bir süreçtir. Bu süreç, sinovyal sıvının eklem kıkırdağındaki gözeneklerden süzülerek, eklem yüzeylerinin sürtünmesini azaltan bir film tabakası oluşturmasıyla gerçekleşir. İki kıkırdağın birbirine sürtünmesi sırasında, sinovyal sıvı gözeneklerden çıkar ve eklem yüzeyleri arasında kaygan bir tabaka oluşturur. Bu sayede, eklem düzgün ve verimli çalışmasına yardımcı olur ve kıkırdağın aşınmasını önler⁴⁰.
- ❖ Boundary Lubrikasyon (Sınır Lubrikasyonu): Eklem yüzeylerinde bulunan moleküllerin, sürtünmeyi azaltmak ve eklemi korumak için birbirine sürtünen

yüzeyler arasında bir sınır oluşturduğu süreçtir. Bu moleküller genellikle glikoproteinler, lipitler ve proteoglikanlardan oluşur ve eklem kıkırdağının yüzeyine adsorbe olur. Boundary lubrikasyon, eklem hareketi sırasında sürtünme kuvvetlerini düşürerek, kıkırdağın aşınmasını ve yıpranmasını önler. Her iki kayganlık mekanizması da eklemlerin düzgün ve sağlıklı bir şekilde çalışmasını sağlar. Weeping lubrikasyon, sinovyal sıvının gözeneklerden süzülerek kaygan bir film tabakası oluşturarak sürtünmeyi azaltırken; boundary lubrikasyon, eklem yüzeylerinde bulunan moleküllerin sürtünen yüzeyler arasında bir sınır oluşturarak sürtünmeyi azaltır. Bu süreçler, kıkırdağın aşınmasını önler ve eklem sağlığını korur^{39,40}.

Özetle, sinovyal membran ve sinovyal sıvı, TME'nin kayganlık mekanizmasında önemli bir rol oynar. Bu yapılar, eklem hareketinin sürtünmesiz ve ağrısız olmasını sağlar, aşınmayı önler ve eklem kıkırdağının beslenmesine ve sağlıklı işleyişine katkıda bulunur.

2.1.2.9. Temporomandibular Eklem Damar ve Sinir Yapısı

a) Temporomandibular Eklem Damar Yapısı

Temporomandibular eklem (TME) damarları, eklemi besleyen ve oksijen ile besin maddelerinin sağlanması ve metabolik atıkların uzaklaştırılması için önemli olan damar yapılarıdır. TME, çeşitli damar kaynaklarından kan alır ve bu sayede eklemdeki çeşitli yapıların beslenmesi sağlanır.

TME'nin başlıca damar kaynakları şunlardır:

Superficial temporal arter: Kafa derisine ve yüzün yan kısımlarına kan sağlayan bu arter, TME'nin dış kısmını besler.

Deep auricular (derin auriküler) arter: Bu arter, temporal arterden dallanan bir damardır ve TME'yi besler.

Anterior tympanic (ön timpanik) arter: Maksiller arterin bir dalı olan bu arter, orta kulağı ve TME'yi besler.

Orta meningeal arter: Bu arter, maksiller arterin bir dalıdır ve kafa zarlarını, kafa içi yapıları ve TME'yi besler.

Bu arterler, TME'nin iyi beslenmesini sağlayarak eklem sağlığını ve fonksiyonunu destekler. Eklemdeki damarlar, arterlerden kan aldıktan sonra, besin maddelerini ve oksijeni TME içindeki yapıların kullanımına sunar ve ardından venöz dolaşıma geri döner. TME'nin drenajı, çeşitli venler ve venöz pleksuslar (venöz ağlar) tarafından sağlanır. Venöz drenaj, eklemde metabolik atıkların ve karbondioksitin uzaklaştırılmasına yardımcı olur ve bu da eklem sağlığını ve fonksiyonunu korur.

Temporomandibular eklem damarları, eklem sağlığı ve fonksiyonu için önemlidir. Eklem beslenmesini ve atık maddelerin uzaklaştırılmasını sağlayarak, TME'nin düzgün ve verimli bir şekilde çalışmasına yardımcı olur^{16,39-41}.

b) Temporomandibular Eklem Sinir Yapısı

Temporomandibular eklem (TME), sinir yapıları açısından zengin bir bölgedir ve bu sinirler eklem hareketlerinin koordinasyonu, duyuşal bilgi aktarımı ve ağrı algısı gibi önemli işlevlere sahiptir. TME'nin sinir yapıları, trigeminal sinirin (beşinci kranial sinir) dallarından kaynaklanır.

- ❖ Aurikulotemporal Sinir: Trigeminal sinirin üçüncü dalı olan mandibular sinirin dalıdır. Bu sinir, TME'nin duyuşal innervasyonunu sağlar ve eklem kapsülü, eklem diski ve çevreleyen dokuları innerve eder. Ağrı, basınç ve dokunma duyumlarının iletilmesinden sorumludur.
- ❖ Masseterik Sinir: Mandibular sinirden kaynaklanan bu sinir, masseter kasını innerve eder. Masseter kası, TME'nin önemli bir hareket kasıdır ve çene kapanması ve yana hareketlerinde rol alır.
- ❖ Derin Temporal Sinirler: Mandibular sinirden kaynaklanan bu sinirler, temporal kası innerve eder. Temporal kas, çene kapanması ve geri hareketlerinde rol alır.
- ❖ Lateral Pterygoid Sinir: Mandibular sinirden kaynaklanan bu sinir, lateral pterygoid kasını innerve eder. Lateral pterygoid kası, çene açılması, ileri ve yana hareketlerinde rol alır.
- ❖ Medial Pterygoid Sinir: Mandibular sinirden kaynaklanan bu sinir, medial pterygoid kasını innerve eder. Medial pterygoid kası, çene kapanması ve yana hareketlerinde rol alır.

- ❖ Sinirsel Ağlar: TME çevresinde, çeşitli sinirler arasında sinirsel ağlar bulunur. Bu ağlar, trigeminal sinirin dalları ve sempatik ve parasempatik sinirler arasındaki bağlantıları sağlar. TME'ye gelen duyu ve motor sinir lifleri, bu ağlar üzerinden iletilir ve koordinasyon sağlanır.

TME'nin sinir yapıları, çevreleyen kasların hareketlerini kontrol eder, duyu bilgisi sağlar ve ağrı algısı gibi önemli işlevleri yerine getirir. TME hastalıklarında ve bozukluklarında sinir yapılarının rolü ve etkileri önemlidir, ve uygun teşhis ve tedavi yaklaşımlarının belirlenmesinde dikkate alınmalıdır^{12,26,33,38,41}.

2.1.3. Temporomandibular Eklem Biyomekaniği

Temporomandibular eklem (TME), alt çene kemiği (mandibula) ile kafa tabanındaki temporal kemik arasında bulunan ve çene hareketlerini sağlayan bir eklemdir. TME, eklemler sınıflandırması içerisinde 'ginglimus' (menteşe) ve 'arthrodial' (düzlem) eklem özelliklerini bir arada taşıyan karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, TME bir "modifiye menteşe" veya "kombine" eklem olarak kabul edilir.

Menteşe özelliği: Menteşe eklemleri, iki kemik arasında önceden belirlenmiş bir ekseninde sadece esneklik ve uzatma hareketlerine izin verir. TME'nin menteşe özelliği, ağız açma ve kapatma hareketlerini mümkün kılar. Bu hareketler, mandibulanın (alt çene) kafa tabanındaki temporal kemikle ilişkisi sayesinde gerçekleşir.

Düzlem özelliği: Düzlem eklemleri, iki düz kemik yüzeyinin sürtünme yoluyla hareket etmesine izin veren eklemlerdir. Bu tip eklemlerde, kayma ve döndürme hareketleri gerçekleşebilir. TME'nin düzlem özelliği, protrüzyon (ileri hareket), retrüzyon (geri hareket) ve lateral ekskürsiyon (yan hareket) gibi hareketleri sağlar. TME'nin eklem disk, mandibular kondil ile temporal kemik arasında bulunur ve eklemi iki boşluğa böler: üst ve alt eklem boşluğu. Bu özellik, eklem içinde bağımsız hareketlerin gerçekleşmesine izin verir ve TME'nin karmaşık hareketlerini mümkün kılar.

Temporomandibular eklem (TME) biyomekaniği, eklemde gerçekleşen hareketlerin, kuvvetlerin ve streslerin analizini içerir. TME'nin biyomekaniği, anatomik yapıları ve hareketlerle ilgili karmaşıklığı nedeniyle oldukça ilginç ve zorlu bir alandır. TME'nin biyomekanik özellikleri, çiğneme, konuşma ve yutma gibi çene işlevlerinin düzgün ve etkili bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar^{8,14,23,30,33,42}.

Stresler:

Temporomandibular eklem (TME) biyomekanik stresler, başta masseter, temporal ve pterygoid kaslar olmak üzere çevreleyen kasların kasılması ve gevşemesi sonucu oluşur. Bu kuvvetler, eklem yapıları üzerinde stres oluşturarak hareketlerin gerçekleştirilmesini sağlar. TME'nin biyomekaniğinde, kuvvetlerin dengeli dağılımı ve uygun hareketlerin gerçekleştirilmesi, eklem sağlığı için önemlidir.

Hareketler ve Biyomekanik İlişkiler:

TME'deki hareketler, rotasyon ve translasyon hareketlerini içerir. Bu hareketler, eklemdaki sürtünme, kayma ve döndürme hareketlerini ve eklem diskinin ve çevreleyen dokuların mekanik özelliklerini temel alır. TME biyomekaniği, karmaşık hareketlerin ve ilişkili kuvvetlerin analiziyle optimize edilmiş çene fonksiyonlarını anlamamıza yardımcı olur.

Rotasyon Hareketi: TME'deki alt eklem boşluğunda gerçekleşir ve ağız açma-kapatma hareketlerini içerir. Rotasyon, mandibular kondilin eklem diskinin alt yüzeyi boyunca döndüğü harekettir. Ağız açma hareketi sırasında, kondil diskin altında aşağı ve arkaya doğru döner. Ağız kapanması sırasında ise kondil, diskin altında yukarı ve ileri doğru döner. Bu hareketler, temporal, masseter ve medial pterygoid kaslarının kasılması ve gevşemesiyle gerçekleşir.

Translasyon Hareketi: TME'deki üst eklem boşluğunda gerçekleşir ve protrüzyon, retrüzyon ve lateral ekskürsiyon hareketlerini içerir. Translasyon, mandibular kondilin ve eklem diskinin birlikte hareket ettiği, düzlem içindeki kayma hareketidir^{8,13,14,23,30,33,42,43}.

TME Biyomekaniğinin Klinik Önemi:

TME biyomekaniğinin klinik önemi, eklem fonksiyonlarının ve çevreleyen yapıların sağlıklı bir şekilde çalışmasını sağlamaktır. Düzensiz kuvvetler, stresler veya hareketler, TME bozukluklarına ve ağrıya neden olabilir. TME biyomekaniğinin anlaşılması, doğru teşhis ve tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesinde ve TME hastalıklarının önlenmesinde önemli bir rol oynar.

Biyomekanik Modelleme ve Analiz:

TME biyomekaniği, karmaşık anatomik yapıları ve hareketlerin analizi için bilgisayar destekli modelleme ve simülasyon teknikleri kullanır. Bu teknikler, eklem yapılarının ve hareketlerinin daha iyi anlaşılmasına ve kuvvetlerin, streslerin ve hareketlerin etkilerinin değerlendirilmesine olanak tanır^{16,23,30}.

2.1.4. Temporomandibular Bozukluklar

Temporomandibular bozukluklar (TMB) tarihçesi, çok eski zamanlardan itibaren çeşitli çalışmalar ve buluntularla desteklenmektedir. TMB'lerin tanımı ve sınıflandırılması, 20. yüzyıla kadar evrimleşmiştir ve o zamandan beri sürekli olarak gelişmeye devam etmektedir.

M.Ö. 1600 yılına tarihlenen Eski Mısır mumyalarında yapılan araştırmalar, bu bireylerin temporomandibular eklem (TME) ve çevresindeki yapılarla ilgili sorunlar yaşadığına dair kanıtlar sunmaktadır. Bu buluntular, TMB'lerin tarih boyunca var olduğunu göstermektedir. 20.yüzyılın başlarında, TMB'lerin tanımı ve sınıflandırılması daha sistematik bir yaklaşıma doğru gelişmeye başlamıştır. 1934 yılında James Costen⁴⁴, TME ve çevresindeki yapıların işlev bozukluklarına bağlı olarak ortaya çıkan bir dizi semptomu tanımladı ve bunlara "Costen Sendromu" adını verdi. Bu sendrom, TME ve çevresindeki yapıların işlev bozukluklarının neden olduğu ağrı, çene hareketi kısıtlılığı ve diğer semptomları içeriyordu^{16,23,30}.

Costen Sendromu'nun tanımlanmasından sonra, 1956 yılında Schwartz⁴⁵⁻⁴⁷, temporomandibular eklem (TME) ve çevresindeki yapıların işlev bozukluklarına bağlı olarak ortaya çıkan ağrı ve disfonksiyonu anlamak ve tanımlamak için "Temporomandibular Eklem Ağrı ve Disfonksiyon" terimini önermiştir. Bu terim, mastikatör kas bozukluklarını TME'nin organik bozukluklarından ayırmak amacıyla kullanılmıştır. Schwartz'ın önerisi⁴⁵⁻⁴⁷, TME ve çevresindeki yapıların işlev bozukluklarına dikkat çekmek için önemli bir adımdı ve bu alandaki araştırmalar için temel oluşturdu.

1959 yılında Shore^{48,49}, TME ve çevresindeki yapıların işlev bozukluklarına bağlı olarak ortaya çıkan ağrı ve disfonksiyonu daha da anlamak ve tanımlamak için "Temporomandibular Eklem Disfonksiyon Sendromu" terimini kullanmıştır. Shore'un⁵⁰ bu terimi kullanması, TME bozuklukları ve disfonksiyonlarının karmaşıklığını ve çeşitliliğini daha iyi yansıtan bir yaklaşıma doğru adım atmıştır.

Schwartz⁴⁵⁻⁴⁷ yaptığı çalışmalarında, TME ve çevresindeki yapıların işlev bozukluklarına dair bilgi birikimine katkıda bulunarak, bu alanda yapılan araştırmaların ilerlemesine ve TME bozukluklarının daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmuştur. Bu çalışmalar sayesinde, TME bozukluklarının tanı ve tedavisinde daha etkili yöntemlerin geliştirilmesine yönelik önemli adımlar atılmıştır. Schwartz⁵¹ "Temporomandibular Eklem Ağrı ve Disfonksiyon" , Shore⁴⁸ "Temporomandibular Eklem Disfonksiyon Sendromu" terimini kullanmıştır.

1970'lerde ve 1980'lerde TMB'lerin multidisipliner yaklaşımla ele alınması ve tedavi edilmesi konusunda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Laskin⁵², 1969 yılında myofasiyal ağrı ve disfonksiyonlarla ilgili çalışmalar yürütmüştür. Bu çalışmalar, çiğneme kaslarının ve temporomandibular eklem (TME) fonksiyonlarının anlaşılmasına önemli katkılarda bulunmuştur. Laskin⁵², kronik oral alışkanlıkların ve parafonksiyonel aktivitelerin (diş sıkma ve gıcırdatma gibi) kas spazmı ve yorgunluğa yol açabileceğini ve bu durumun TME ve çevresinde ağrı ve disfonksiyona neden olduğunu belirtmiştir. Bu dönemde, TMB'lerin etiyojisi ve tedavisi üzerine yapılan araştırmalar, TMB'lerin karmaşık doğasının ve çeşitli faktörlerin bu bozuklukların oluşumunda rol oynadığının daha iyi anlaşılmasına yol açmıştır. Laskin⁵², 1969 yılında, kronik oral alışkanlıkların kas spazmı ve yorgunluğuna neden olduğunu belirterek "Myofasiyal Ağrı-Disfonksiyon" teriminin kullanımını önermiştir. Fonksiyonel TME Bozuklukları terimi ise Ramfjord ve Ash⁵³ tarafından kullanılmıştır. TMB'nin biyopsikososyal bir hastalık olduğunu belirten McNeil⁵⁴ ve arkadaşları "Kraniomandibular Düzensizlik" ifadesini kullanmıştır. Son olarak Bell⁵⁰, "Temporomandibular Düzensizlikler" terimini 1986 yılında tanımlamıştır. Bu terim, temporomandibular eklem (TME) ve çevresindeki yapılarla ilgili fonksiyonel ve yapısal problemleri ifade eder. Bu kavram, TME'nin anatomisi, fonksiyonu, hastalıkları ve tedavisi üzerine daha geniş bir perspektif sunarak, bu alandaki önceki terimlerin ve tanımların kısıtlılıklarını aşmayı amaçlamıştır. Günümüzde Amerikan Diş Hekimleri Birliği tarafından da kullanılmaktadır^{42,55}.

1990'larda ve 2000'lerde TMB'lerin tanı ve tedavisine yönelik daha ileri teknikler ve yaklaşımlar geliştirilmiştir. Günümüzde, TMB'lerin tanı ve tedavisi için özelleştirilmiş yaklaşımlar benimsenmektedir ve TMB'lerin daha iyi anlaşılması ve tedavi edilmesi için sürekli araştırmalar yapılmaktadır. İlk kez Bell'in⁵⁶ kullandığı "Temporomandibuler

bozukluklar” ifadesi Amerikan Diş Hekimleri Birliği (ADA) tarafından da kabul edilmiştir. Günümüzde bu terim kullanılmaktadır⁵⁷.

2.1.4.1 Temporomandibular Bozuklukların Etiyolojisi

Temporomandibular Bozuklukların etiyolojisi: TMB ‘ ların etiyolojisi oldukça karmaşıktır ve genellikle multifaktoriyel olarak nitelendirilmektedir^{10,58}. TMB' nin etiyolojisi üzerine yapılan çalışmalar, hastalığın gelişimine katkıda bulunan çeşitli faktörleri belirlemişlerdir:

Travma: Temporomandibular eklem (TME) ve çevresindeki yapıları etkileyen travmalar, TMB' nin gelişmesine neden olabilir. Akut ve kronik travmanın, TME dokularında lokal hipoksiye neden olabileceği düşünülmektedir. Bu durum, eklemden bulunan hücrelerin ve dokuların düzgün işleyişini etkileyebilir ve TME disfonksiyonunun gelişmesine katkıda bulunabilir. Travma sonrası meydana gelen lokal hipoksi, nöropeptitlerin salınımında bir artışa yol açarak hücrel cevabı tetikler. CGRP (Kalsitonin Gen İlişkili Peptit) ve Substans P, nöropeptitler olarak bilinen ve ağrı ile inflamasyon süreçlerinde önemli rol oynayan maddelerdir. TME dokularında hipoksi durumunda, bu nöropeptitlerin salınımında artış gözlenir. CGRP ve Substans P, ağrı iletiminde ve modülasyonunda etkili olduğu gibi, inflamasyon ve doku hasarına da yanıt olarak salınır.

Oklüzyon: Maloklüzyon; anormal diş ilişkileri ve çiğneme sistemi düzensizliklerinin, TMB' nin gelişiminde rol oynadığı düşünülmektedir. Maloklüzyon ve oklüzal düzensizlikler, TME yapıları üzerindeki yüklenmeyi artırarak eklem ve çevresindeki yapıların zarar görmesine neden olabilir.

Bruksizm ve parafonksiyonel alışkanlıklar: Diş gıcırdatma, diş sıkma ve diğer parafonksiyonel alışkanlıklar, TME üzerinde uzun süreli anormal yükler oluşturarak TMB' nin gelişimine neden olabilir.

Psikolojik faktörler: Çalışmalarda emosyonel stres, anksiyete ve depresyon gibi psikolojik faktörlerin, TMB' nin etiyolojisinde rol oynadığı gösterilmektedir.(referans) . Psikolojik faktörler, kas spazmlarını ve parafonksiyonel alışkanlıkları tetikleyerek TME ve çevresindeki yapıların üzerindeki yükü artırabilir.

Genetik ve ailesel faktörler: Bazı çalışmalar, TMB' nin gelişiminde genetik ve ailesel faktörlerin de rol oynayabileceğini göstermiştir. (referans) Ailesel geçişli TMB vakaları bildirilmiştir ve bazı genetik polimorfizmlerin TMB riskini artırabileceği düşünülmektedir.(referans)

Hormonal faktörler: TMB' lar kadınlarda çok daha fazla gözlenmektedir. TMB ve östrojen hormonu arasındaki ilişki birçok çalışmada gösterilmektedir. Ayrıca özellikle menstrüasyon dönemi ve menopoz sırasında hormonal değişikliklerin TMB semptomlarının şiddetini artırabileceği bildirilmiştir.

Sistemik hastalıklar: romatoid artrit, lupus ve fibromiyalji gibi sistemik hastalıklar, TMB'nin gelişimine katkıda bulunan faktörler arasında yer alabilmektedir^{9,39,59-63}.

2.1.4.2.Temporomandibular Bozuklukların patofizyolojisi

Temporomandibular Bozuklukların patofizyolojisinde overloading (aşırı yüklenme) kavramı üzerinde durulmaktadır. Overloading, TME'ye uygulanan aşırı kuvvet ve stres nedeniyle eklem ve çevreleyen dokuların zarar görmesine yol açmaktadır ve travma, parafonksiyonel alışkanlıklar (bruksizm gibi), oklüzal bozukluklar ve kötü postür gibi faktörlerle tetiklenebilmektedir. Nitzan'ın⁶³ TME hastalıklarının patofizyolojik süreçlerine ilişkin modelinde, overloading ilk aşama olarak kabul edilir. Bu aşamada, eklem ve çevreleyen dokular üzerindeki aşırı yüklenme ve stres, dejeneratif değişikliklerin başlamasına yol açar. Sürekli stres ve yüklenme, eklem kıkırdağı, disk, kapsül ve ligamentlerde hasara neden olabilir. Reperfüzyon, hasar gören doku bölgelerinde kan akışının yeniden başlaması sürecidir. Ancak, reperfüzyon sırasında serbest radikaller ve oksidatif stres gibi zararlı maddelerin salınması nedeniyle, bu süreç daha fazla hücrel hasara yol açabilir. Bu fenomen, "reperfüzyon hasarı" olarak adlandırılır ve TME hastalıklarının patofizyolojisinde de önemli bir rol oynar. TME disfonksiyonunun patofizyolojik süreçlerini dört aşamada özetlemiştir:

1. Aşama: Fonksiyonel yüklenme - Bu aşamada, TME'ye aşırı yüklenme ve stres uygulanır. Bu durum, travma, parafonksiyonel alışkanlıklar veya oklüzal bozukluklar gibi faktörlerle tetiklenebilir.
2. Aşama: Dejeneratif değişiklikler - Sürekli stres ve yüklenme nedeniyle, eklem kıkırdağında ve çevreleyen dokularda dejeneratif değişiklikler meydana gelir. Bu

değişiklikler, eklem kıkırdağının aşınması, disk bozuklukları ve kapsül ve ligamentlerde sıkışma gibi problemleri içerebilir.

3. Aşama: İnflamasyon - Dejeneratif değişikliklerin sonucunda, TME ve çevreleyen dokularda inflamatuvar süreçler başlar. Bu inflamasyon, eklem sıvısı ve sinoviyal membranın bozulması, sinovit ve kapsülit gibi durumlarla ilişkilendirilir.
4. Aşama: Remodelasyon ve iyileşme - TME ve çevreleyen dokular, inflamasyonun ardından yeniden yapılanma ve iyileşme süreçlerine girer. Bu süreçte, kıkırdağın ve diğer dokuların rejenerasyonu ve yeniden yapılanması gerçekleşir. İyileşme süreci, uygun tedavi uygulanması ve stres faktörlerinin ortadan kaldırılması ile daha başarılı olabilir.

Overloading'in TME üzerindeki etkisi, çeşitli tedavi stratejileriyle yönetilebilir. Tedavi yaklaşımları, stres faktörlerini ortadan kaldırmayı, ağız içi koruyucular kullanarak oklüzal yüklenmeyi azaltmayı ve fizyoterapi veya kas gevşetici ilaçlarla kas spazmlarını ve ağrıyı hafifletmeyi içerebilir.

2.1.4.3. Temporomandibular Bozuklukların Sınıflandırılması

Temporomandibular bozukluklar (TMB) tarihçesi boyunca, bu bozuklukların sınıflandırılması ve terminolojisi sürekli gelişmiştir. TMB'lerin sınıflandırılması, şikayetlerin ve semptomların çeşitliliği nedeniyle zaman içinde değişiklikler geçirmiştir. Temporomandibular eklem bozukluklarının (TMB) sınıflandırılması, tanı ve tedavinin anlaşılması ve standardizasyonu için önemlidir. Wilkes, Bell ve Okeson, TMB sınıflandırması konusunda önemli katkılarda bulunan üç önemli araştırmacıdır.

Bell⁵⁰ TMB'leri mantıksal olarak sınıflayan bir dizi tanım sunmuştur ve Amerikan Diş Hekimleri Birliği “yol haritası” olarak nitelendirilen bu sınıflamayı birkaç modifikasyonla yeniden sunmuştur⁶⁴.

1987 yılında, American Academy of Orofacial Pain (AAOP)⁶⁵ tarafından temporomandibular bozukluklar (TMB) için bir sınıflandırma önerilmiştir. Bu sınıflandırma, TMB'lerin daha doğru bir şekilde tanımlanması ve tedavi edilmesine yardımcı olmak amacıyla hazırlanmıştır. Önerilen sınıflandırma;

1. Kas Ağrı ve Disfonksiyonu: Bu kategori, çiğneme kaslarının ağrı ve işlevsizliğini içerir. Bu durumlar arasında miyofasiyal ağrı, miyospazm, miyozit ve kas tetik noktaları yer alır.
2. Temporomandibular Eklem Disfonksiyonları: Bu kategori, temporomandibular eklem yapısının yapısal ve fonksiyonel bozukluklarını içerir. Disk deplasmanı, disk konum bozukluğu, subluksasyon ve kondil dislokasyonları gibi durumlar bu kategoride yer alır.
3. Temporomandibular Eklem İnflamatuvar Hastalıkları: Bu kategori, temporomandibular eklem ve çevresindeki yapıların iltihabi hastalıklarını içerir. Sinovit, kapsülit, retrodiskit ve artrit (osteoartrit, romatoid artrit gibi) gibi durumlar bu kategoride ele alınır.
4. Gelişimsel Bozukluklar: Bu kategori, temporomandibular eklem ve çevresindeki yapıların doğumsal ve gelişimsel bozukluklarını içerir. Ankiloz, agenezi, hipoplazi ve hiperplazi gibi durumlar bu kategoride yer alır.
5. Diğerleri: Bu kategori, diğer TMB'ler ve çiğneme sistemiyle ilgili rahatsızlıklarını içerir. Nöropatik ağrı, nöromusküler bozukluklar ve travmatik yaralanmalar gibi durumlar bu kategoride ele alınır⁶⁵.

Bu sınıflandırma, TMB'lerin tanı ve tedavisinde önemli bir kilometre taşıydı ve bu alandaki sınıflandırmaların temelini oluşturdu. O zamandan beri TMD sınıflandırmaları sürekli güncellenmiş ve geliştirilmiştir, ancak AAOP'nin 1987 sınıflandırması bu alandaki önemli bir adım olarak kabul edilmektedir⁶⁶⁻⁶⁸.

Wilkes'in⁶⁹ sınıflandırması, özellikle cerrahi tedavi öncesi ve sonrası hastaların değerlendirilmesi için kullanılabilir. Bell⁷⁰, TMB'lerin anatomik ve fonksiyonel yönlerini dikkate alarak TMB'leri kas kaynaklı ve eklem kaynaklı olarak ayırır. Okeson⁷¹, TMB'lerin etyolojisi, tanısı ve tedavisi üzerinde çalışmalar yapmıştır ve TMB'leri kas ve eklem kaynaklı olarak ayıran bir sınıflandırma sistemine dayalı olarak değerlendirir ve tedavi yöntemleri sunmuştur⁷²⁻⁷⁴.

Wilkes sınıflaması, 1989'da geliştirilmiş ve temporomandibular eklem (TME) internal deranjmanlarını derecelendirmek için kullanılan bir sınıflandırma sistemidir. Bu

sınıflama sistemi, TME'deki disk pozisyonu ve hareket anormalliklerini değerlendiren klinik ve radyolojik bulgulara dayanmaktadır. Wilkes sınıflaması beş evreye ayrılır⁶⁹:

1. Evre I (Erken internal deranjman): Bu evrede, TME'deki disk pozisyonunda hafif bozulmalar ve ağrısız tıklama sesleri mevcuttur. Klinik belirtiler genellikle minimaldir ve ağrı azdır veya hiç yoktur.
2. Evre II (İlerleyen internal deranjman): Disk pozisyonunda daha belirgin bozulmalar ve eklemde sık sesler görülür. Hafif ağrı ve eklem hareketlerinde kısıtlılık başlayabilir.
3. Evre III (Geç internal deranjman): Bu evrede, disk yerinden çıkmıştır ve kapanma sırasında yerine oturmaz. Tıklama sesleri azalır veya kaybolur ve ağrı ile eklem hareketlerinde daha fazla kısıtlılık ortaya çıkar.
4. Evre IV (İleri internal deranjman): TME'deki disk tamamen yerinden çıkmış ve hareket etmez durumdadır. Ağrı ve eklem hareketlerinde kısıtlılık daha da artar. Osteoartrit belirtileri ve eklemde yapısal değişiklikler başlar.
5. Evre V (Son internal deranjman): Bu son evrede, TME'deki disk ve eklem yüzeylerinde ciddi yapısal hasar ve dejenerasyon görülür. Ağrı ve eklem hareketlerinde kısıtlılık belirgindir ve osteoartrit belirtileri daha da ilerlemiştir.

Bu sınıflama, hastaların tedavi planlarının ve prognozlarının daha iyi belirlenmesine olanak tanır⁶⁹.

Wilkes⁶⁹, Bell⁵⁰ ve Okeson'un⁷¹ çalışmaları, TMB sınıflandırması ve yönetimi alanında önemli gelişmelere yol açmıştır. Bu sınıflandırmalar, TMB'lerin tanı ve tedavisinde kullanılan mevcut yaklaşımların temelini oluşturur ve bu alandaki gelecekteki gelişmelere katkıda bulunmaktadır.

Okeson⁷⁵ bazı bilgiler ekleyerek ve birkaç değişikliyi yaparak Bell sınıflandırmasını modifiye etmiştir. AAOP bu sınıflandırmayı bu sınıflamaya benzer bir sınıflamayı takip etmiştir.

Okeson⁷⁵ tarafından tanımlanan temporomandibular rahatsızlıkların tanısında kullanılan sınıflandırması:

1.Çiğneme Kası Hastalıkları:

a. Koruyucu kas kasılması

b. Lokal kas ağrısı

c. Miyofasyal ağrı

d. Miyospazm

e. Miyozit ve diğerleri

2.TME Rahatsızlıkları:

a. Kondil disk kompleksinde düzensizlik

i. Disk deplasmanı

ii. Redüksiyonlu disk dislokasyonu

iii. Redüksiyonsuz disk dislokasyonu

iv. Perforasyonla beraber disk dislokasyonu

b. Eklem yüzeyinin yapısal uyumsuzluğu

i. Şekil değişiklikleri: Diskte/ Kondilde/ Fossada

ii. Adezyonlar (Yapışıklıklar): Disk-kondil arasında/ Disk-fossa arasında

iii. Sublüksasyon

iv. Spontan dislokasyon

c. TME'nin inflamatuvar hastalıkları

i. Sinovit

ii. Kapsülit

iii. Retrodiskit

iv. Artritler: Osteoartritler / Poliartritler

v. İlave yapıların inflamatuvar rahatsızlıkları

3.Kronik Mandibular Hipomobilité:

a. Ankiloz

- i. Fibröz
- ii. Kemiksel
- b. Kaskontraktürleri
- i. Miyostatik
- ii. Miyofibrotik
- c. Koronoid impedans

4. Gelişimsel Rahatsızlıklar:

- a. Konjenital ve gelişimsel kemik rahatsızlıkları
 - i. Agenezi
 - ii. Hipoplazi
 - iii. Hiperplazi
 - iv. Neoplazi
- b. Konjenital ve gelişimsel kas rahatsızlıkları
 - i. Hipotrofi
 - ii. Hipertrofi
 - iii. Neoplazi

2.1.4.4. Temporomandibular Düzensizliklerde Tanı Kriterleri (DC/TMD)

DC/TMD (Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders) veya Temporomandibular Bozukluklar için Tanısal Kriterler, temporomandibular bozuklukların (TMB) değerlendirilmesi ve teşhis edilmesi için kullanılan bir tanı ve sınıflandırma sistemidir. DC/TMD, araştırmacılar ve klinik uzmanlar tarafından TMB'li hastaların doğru ve tutarlı bir şekilde değerlendirilmesi ve tanınması amacıyla geliştirilmiştir⁷⁶.

DC/TMD, TMB'li hastaları değerlendirirken kullanılacak klinik ve radyolojik kriterleri belirleyen kapsamlı bir rehberdir. Bu kriterler, TMB'nin çeşitli alt tiplerini ve ilişkili semptomları içerir, böylece sağlık uzmanlarına hem teşhis hem de tedavi sürecinde

yol gösterir ve baş ağrısı, yüz ağrısı, çene eklemi ağrısı, çene hareketinde kısıtlılık, çene eklemi gürültüsü, çene kaslarında ağrı ve diğer semptomları içeren bir dizi TMB semptomunu kapsar⁷⁷.

İki eksenli bir değerlendirme modeli üzerine kurulmuştur: Axis I ve Axis II. Axis I, spesifik TMB alt tiplerini tanımlamak için kullanılır. Bu tipler, çene eklemi ağrısı, kas ağrısı, disk yer değiştirmesi ve çene hareketinde kısıtlılık gibi semptomlarla ilişkilidir.

Axis II (Eksen II): Bu eksen, TMB'nin biyopsikososyal boyutlarını ve hastanın yaşam kalitesini değerlendirmeye odaklanır. Axis II, ağrı şiddeti, ağrının hastanın günlük yaşamına etkisi, psikososyal faktörler (ör. stres, anksiyete, depresyon) ve hastanın ağrı ve TMB ile başa çıkma stratejilerini incelemeyi içerir.

Axis I ve Axis II değerlendirmeleri, TMB'nin doğru ve kapsamlı bir şekilde teşhis edilmesine ve uygun tedavi stratejilerinin belirlenmesine yardımcı olur. Bu iki eksenli yaklaşım, TMB'li hastalar için daha iyi sonuçlar elde etmeyi amaçlar ve tedavinin bütünsel bir şekilde uygulanmasına olanak tanır⁷⁸.

DC/TMD Sınıflaması:

1.Ağrı ile İlişkili Bozukluklar

Kas Ağrısı

Kas-Fasya Ağrısı

Lokal Kas Ağrısı

Eklem Ağrısı

TMB'ye Bağlı Baş Ağrısı

2. Eklem Düzensizlikleri

a) Disk Düzensizlikleri

1.Redüksiyonlu disk deplasmanı

2. Zaman zaman kilitlenme ile seyreden redüksiyonlu disk deplasmanı

3.Ağız açıklığında kısıtlılık ile birlikte olan redüksiyonsuz disk deplasmanı

4. Ağız açıklığında kısıtlılıkla birlikte olmayan redüksiyonsuz disk deplasmanı

b) Disk Düzensizlikleri Dışındaki Hipomobilité Bozuklukları

1. Adezyonlar/yapışma

2. Ankiloz (Fibroz/ osseoz)

c) Hipomobilité Bozuklukları

Dislokasyonlar (Subluksasyon/ Luksasyon)

3.Eklem Hastalıkları

a) Dejeneratif Eklem Hastalığı

b) Sistemik Artritler

c) Kondilizis/ idiopatik kondiler rezorbsiyon

d)Ostekondilis Dissekans

e) Osteonekroz

f) Neoplazm

g) Synovial kondromatozis

4. Kırıklar

5. Konjenital/ Gelişimsel Bozukluklar⁷⁸

Ağrı ile ilişkili bozukluklar; temporomandibular eklem ait ağrılar, travmalardan, sinir sistemindeki düzensizliklerdenve demografik yapıdan, fonksiyonel ve psikolojik bozukluklardan, yaşam stiline ait düzensizliklerden, genetik tablodan yada komorbiditelerden, uyku bozukluklarından kaynaklanabilmektedir. DC/TMD'nin tanımına göre ağrıya ilgili bozukluklar eklem ağrıları ya da kas ağrısı olarak iki şekilde incelenir. Kas ağrıları tendinit, miyalji, spazm ya da miyozitten kaynaklanabilirken, eklem ağrıları genellikle artritler ya da artraljiden kaynak alabilir. Kas ağrıları ya da eklem ağrıları tanısı netleştikten sonrasında ikincil baş ağrıları açısından da kesinlikle değerlendirilmelidir^{78,79}.

2.1.4.5.Disk Deplasmanları

Disk deplasmanları, temporomandibular eklem (TME) diskinin anormal bir konuma hareket ettiği durumları ifade eder. Annandale'nin(1887)⁸⁰ tanımıyla disk deplasmanı terimi ilk defa orataya çıkmıştır. Disk deplasmanları, TME disfonksiyonlarının (TMD) yaygın bir sebebidir ve çene ağrısı, hareket kısıtlılığı ve eklem sesleri gibi belirtilere yol açabilir. TME diski, mandibula (alt çene kemiği) ve temporal kemik arasında bulunan fibrokartilaj yapısıdır. Saat 12 pozisyonu, diskin üst ve ön kısmının temporal kemiğin artiküler tüberkülüne göre yerleşimini belirtir. Bu konum, TME diskinin normal pozisyonunu ve ideal işlevselliğini temsil eder. Saat 12 pozisyonunda, diskin arka kenarı kondilin üzerinde, ön kenarı ise artiküler tüberkülle temas halindedir. Bu, çene hareketleri sırasında diskin doğru şekilde hareket etmesini ve eklem fonksiyonlarını desteklemesini sağlar. Disk pozisyonundaki artı ve eksi 30 derece sapmalar disk deplasmanı kabul edilmiştir^{45,81,82}.

Rammelsberg(1997)⁸³ diskin pozisyonun medialden görüntülerinde artı onbeş derece hareket, lateralde görüntülerindeyse artı otuz derece olan hareketlerin sağlıklı olarak kabul edilmesinin gerekliliğini bildirmiştir. Posteriordaki bant saat 12.00 pozisyonunda olduğundan ön tarafta konumlanması gibi modifikasyonlar görülebilir. Böyle bir durumda disk yapısında daha ince olanı orta bölümde kondildeki öndeki çıkıntı ile oluşan konumsal ilişki, diskteki daha kalın yapıda görülen posterior bantın bulunduğu konumdan daha da önemlidir. Kondile ait ön çıkıntı ve diskteki ince görülen orta kısım alt konkav bölümü temas ediyorsa ayrıca kondildeki ön çıkıntı diskteki bikonkav bölümünün içerisinde bulunuyorsa disk 'sağlıklı pozisyonda' kabul görmektedir. İfade edilen yüzeyler birbirinden 2 mm'lik mesafeden daha fazla miktarda uzaklaşması durumundaysa 'disk deplase (yer değiştirmiş)'terimi kabul görmektedir. Kondildeki ön çıkıntı diske ait posterior bant ile karşılıklı geldiği konumlardaysa örnek olarak disk ataçmanları üstünde ise disk deplasmanı olarak kabul edilir.

Temporomandibular eklemin iç düzensizliklerini dört farklı aşamada inceleyebiliriz. İnkoordinasyon aşaması, temporomandibular eklem (TME) iç düzensizliklerinin en erken ve en hafif aşamasıdır. Bu aşamada, TME diski ve çevresindeki yapılar arasındaki koordinasyon ve hareketler hafifçe bozulur, ancak henüz ciddi semptomlar veya işlevsel problemler görülmez. Bu aşamada, çene hareketlerinin zamanlaması ve düzeni uyumsuz hale gelir. Bu durum, çene kaslarının uygun olmayan

kasılması, eklem içindeki sıvının anormal dağılımı veya eklem kıkırdığının hafif aşınması gibi faktörlere bağlı olabilir. Hastalardaki belirtiler genellikle hafiftir. Hafif çene ağrısı veya rahatsızlık, eklemde dolgunluk hissi, çene hareketlerinde hafif sınırlılık ve TME' sesleri gibi belirtilerle kendini gösterebilir, ancak bu sesler her zaman olmaz. Hastaların muayenesi sırasında, ağız açma kapama yapmaları istenildiği takdirde ve çene eklemlerinin sürtünmesiz hareketi olup olmadığı sorulduğunda, hastaların ifadeleri genellikle hafifçe yakalama hissi aldıklarını ifade ederler. Bu durum, eklemde sürtünmesel özelliklerin artma gösterdiği en erken bulgusudur⁸⁴⁻⁸⁷.

Bir sonraki aşamada TME diskinde öne hareket görülür. Disk deplasmanı ile reduksiyon aşaması olarak ifade edilir temporomandibular eklem (TME) iç düzensizliklerinin ilerlemiş bir aşamasıdır. Bu aşamada, TME diski anormal bir konuma hareket eder, ancak çene hareketinin sonunda tekrar normal pozisyonuna döner. Bu durum, çene ekleminde klik veya popping sesi gibi belirtilerle karakterizedir. Sesin temel nedeni çene açıldığında diskin posterior bandı kondilin önüne geçer ve çene kapatıldığında tekrar kondilin arkasına dönmesidir. Bu anormal hareket, TME seslerine neden olur. Eklemdeki değişikliklerin bu aşaması reduksiyonlu anterior disk deplasmanı olarak ifade edilir. Anterior disk deplasmanı kullanımı olsa da diskin anatomik açıdan antero-medial yerleşim gösterir. Bu durum kondilin açısal değeri ile lateral pterigoid kasa ait çekme yönünden kaynaklanmaktadır⁸⁸⁻⁹⁰.

Redüksiyonlu anterior disk deplasmanı(RADD) tanılı hastaların bir kısmında, ağız kapatılırken ikinci bir klik sesi meydana gelir. Bu durum resiprokal klik olarak ifade edilir. İkinci klik sesinin nedeni, diskin çene kapatma hareketi sırasında kondilin arkasına kendi konumuna dönmesidir. Resiprokal klik bulgusu bütün hastalarda alınmayabilir ve klinik olarak önemli değerlendirilmemektedir. Ağız kapatılması esnasında ortaya çıkan klik sesi anteromediale disk deplasmanının işaretlerindendir ayrıca kapatma hareketi esnasında oluşan klik ne kadar geç oluşursa, deplasmanın prognozu da o denli iyi olur. Açma hareketi esnasında meydana gelen klik sesi eklem kondilinin keskin olan üzerindeki bölüme denk gelen deplase olmuş diskin reduksiyonu anlamına gelir. Eklem içindeki basıncı düşükse, diskin yerine geri gelmesi esnasında klik sesi meydana gelmez, erken olan açılmalar esnasında klik sesi meydana gelir. Ek olarak bu klik sesi hafifçe oluşmuş anterior disk deplasmanının göstergesidir, geç fazlarda duyulan klik sesiye daha ciddileşmiş deplasmanın işaretidir^{91,92}.

İç düzensizliklerin üçüncü aşaması, redüksiyonsuz disk deplasmanı olarak adlandırılır. Bu aşamada, temporomandibular eklem (TME) diski, çene hareketleri sırasında normal pozisyonuna geri dönemez. Disk, kondilin önünde kalır ve eklem içindeki yapıların düzensiz ve anormal hareketine neden olur. Bu durum, daha fazla semptom ve işlevsel kısıtlamalara yol açabilir. Eklem diskinin konumu ikinci aşamaya göre daha önde konumlanır Çene hareketlerinde kısıtlılık daha belirgin hale gelir ve ağız açma sırasında zorluk yaşanabilir. Bu durum, özellikle yemek yeme ve konuşma gibi günlük aktivitelerde sorunlara neden olabilir. Ayrıca, eklemde sertlik ve kısıtlılık hissi daha da artabilir. Kondil hareketiesnasında rotasyon yapabilir fakat translasyon hareketini gerçekleştiremez. Karşı tarafa yönelen çene hareketleri esnasında kısıtlılık izlenir ve etkilenmit tarafta kısıtlanma görülmez. Fonksiyonlar sırasında eklemde oluşan ağrı, etkilenmiş taraftaki kısıtlılığın başlaması sonucunda kaybolan eklem sesi durumu, pasif germelerde sertleşmiş sonlanma hissleri olarak klinik semptom gözlenir. Redüksiyonsuz disk deplasmanının akut ve kronik şeklinde isimlendirilen 2 tipi mevcuttur⁹³⁻⁹⁵.

Akut redüksiyonsuz disk deplasmanı olan hastalarda, ağız açıklıklarında ani olarak ortaya çıkan kısıtlanma ile alt çenedeki açılma esnasında etkilenen tarafa doğru gerçekleşen defleksiyon görülür. Karşı tarafa doğru çene hareketleri kısıtlanır ve etkilenen tarafa doğru kısıtlama olmaz. Fonksiyon esnasında eklem ağrısı, etkilenen tarafta kısıtlılığın başlamasıyla ortadan kalkan ses hikayesi, pasif germede sert sonlanma hissi şeklinde klinik bulgular izlenir.

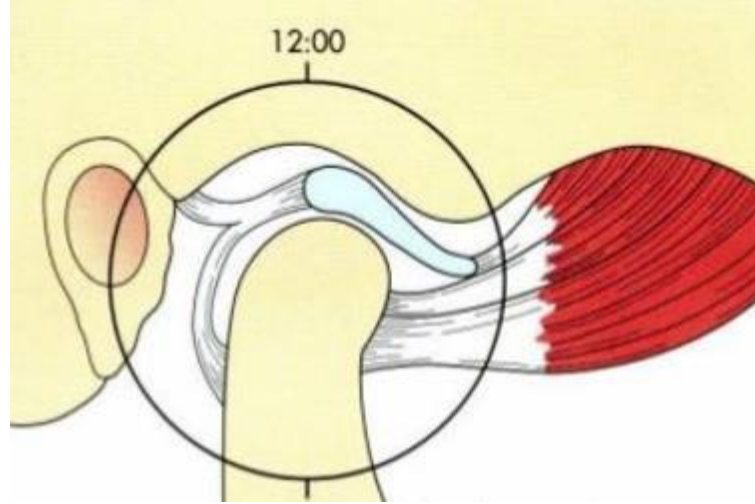
Kronik redüksiyonsuz disk deplasmanı olan hastalarda klinik belirtiler ortadan kalkmıştır. Hastalığın teşhis edilebilmesi için tıklama sesi ve ardından tıklama sesinin kaybolması sonucunda ağız açıklığındaki kısıtlanma hikayesinin olması ile yavaşça düzelme gösteren alt çene hareketleri oluşumuna dikkat edilmesi gerekmektedir. Kronik redüksiyonsuz disk deplasmanı teşhisi buluana TME’lerde görülen enflamasyona ait belirtiler genellikle ağrılar, efüzyon ile eklem dokularındaki artmış vaskülaritedir^{9,95-97}.

Dördüncü ve son aşamada ağız açıklıklarında kısıtlanma mevcuttur. Ancak oluşan bu durumlar sıklıkla disk deplasmanı ile ilgili olmayabilir (Ağız açıklığı 25-30 mm kadardır.). Eklem diski sağlıklı konumundadır ancak oluşmuş adezyonlardan dolayı artiküler eminens ile bağlantı halindedir. Bu sebepten kondilde ancak rotasyon hareketi izlenebilir. Diskin normal anatomik yapıya göre deplasmanı olmadığı için fazla miktarda innervasyon ve vaskülarite gösteren retrodiskal dokularda gerilme oluşmaz^{75,98}. Bundan

dolayı hastanın ağız açıklığı eklem kapsülünün gerilmesine neden olacak miktarda çok açmaya çalışılmaması ve çineme yapılmadığı sürece ağrı artma ve ya ağrı oluşumu görülmez. İfade edilen rahatsızlıklar genellikle diş sıkma ve gıcırdatmakla olduğundan, bu durumlara myofasiyal ağrı sendromunun eşlik ettiği görülebilir. Nitzen⁶³ bu son dönemi yapışık disk fenomeni ismiyle tarif etmiştir. Redüksiyonsuz disk deplasmanına göre yapışık disk fenomeninin genel farkları; kısıtlılık oluşumunun ani olması, ağrı oluşumu, en yüksek miktardaki ağız açıklığı(15-25 mm) daha az görülmesi ile daha önceki dönemlerde herhangi bir klik sesi şikâyeti olmamasıdır. Yapışık disk fenomeni durumlarında diskin MRG’de kondil ile ilişkisi ‘diskin kondilin üst kısmında ve gerisinde olması’ şeklinde görülürken, redüksiyonsuz disk deplasmanı durumlarında diskin kondile göre önde ve deformasyonlar oluşmuş şekilde görülür^{52,99}.

2.1.4.6. Disk Deplasmanlarında Diskin Yer Değiştirme miktarı ve yönü

Diske ait yer değiştirme (deplasman), Temporomandibular eklem kondil-disk kompleksinin, yani kemik ile kas dokuya ait uyumsuzluklarda en sık orataya çıkan durumdur. Diskin normaldeki pozisyonunun dışına çıkması nedeniyle oluşur. Sağlıklı pozisyon genel anlamda diske air posterior bandın kondil üzerinde yaklaşık olarak saat 12 (± 10 derece) konumunda yer alır, intermediate zonada kondile ait ön prominens ve articular eminense ait arka kısım arasında konumlanmaktadır. Frontal düzlemden incelendiğinde kondile ait kutup bölgelerinden sagittal düzleme doğru oluşturulan tanjant çizgilerini sınırları dışına çıkmadan kondilin üzerinde pozisyonlanmıştır^{100,101}. Ek olarak bazı çalışmalarda diskin sağlıklı pozisyonu kondil ile artikuler eminens üzerinden geçen çizgilerle tanımlanmıştır. Murakami’nin¹⁰² çalışmalarında, diskin konumunu tanımlamak amacıyla ağzın kapalı olduğu durumda, diske ait boşluğu dört farklı bölmeye ayırmaktadır. (Şekil 2.11’de gösterilmiştir.)



Şekil 2.11: Temporomandibular eklem diskinin normal konumu¹⁰⁰

Diskin tanımlı yapılmış normal alanlarının dışına hareket etmesi, diskin yer değiştirmesi olarak değerlendirilmektedir. Tasaki ve ark.¹⁰³, diske ait konumsal değişimlerin en fazla ön tarafa doğru görüldüğünü belirtmişlerdir. Diskle ilgili konumsal değişiklikler, çeşitli başlıklar altında sınıflandırılabilir. Öncelikle, normal disk pozisyonu, disklerin doğru ve istenilen konumda olduğu durumu ifade eder. Anterior disk deplasmanı, diskin ön tarafa doğru yer değiştirmesi ile karakterizedir.

Eklem lateral kısmından parsiyel anterior disk deplasmanı ve eklem medialinden parsiyel anterior disk deplasmanı, diskin sadece bir kısmının anterior yönde yer değiştirdiği durumları tanımlar. Bu tür deplasmanlar, diskin lateral veya medial kısmından gerçekleşir. Rotasyonel antero-lateral ve rotasyonel anteromedial disk deplasmanları, diskin hem anterior yönde hem de lateral veya medial yönde döndüğü durumları ifade eder. Bu tür deplasmanlar, disk pozisyonlarının karmaşık değişimleri ile ilişkilidir. Lateral ve medial disk deplasmanları, diskin yanlara doğru hareket ettiği durumları kapsar. Bu tür deplasmanlar, eklemlerin yan taraflarında meydana gelen konumsal değişikliklerle ilgilidir. Son olarak, posterior disk deplasmanları, diskin arka tarafa doğru yer değiştirmesiyle karakterize edilir. Bu durumlar, disklerin istenmeyen pozisyonlarda yerleştiği ve olası fonksiyon bozukluklarına yol açabileceği durumları temsil eder^{104,105}.

Anterior disk deplasmanı terimi, diske ait arka bandın eklem medialateral kısmı boyunca kondile ait ön prominense doğru ön tarafa yer değişikliği göstermesidir. Parsiyel anterior disk deplasmanı iki farklı şekilde ortaya çıkabilir. İlk durumda eklem lateral

bölümün parsiyel anterior disk deplasmanıdır. Bu deplasman çeşidinde, diskin mediali normal pozisyonundadır ve lateral kısmı öne doğru yer değiştirme gösterir. İkinci durumda eklem ait medial kısmın parsiyel olarak öne disk deplasmanıdır. Bu tip deplasmanda, diskin laterali sağlıklı pozisyonundayken yalnızca medialdeki kısmı öne doğru yer değiştirme gösterir¹⁰⁶. (Şekil 2.12’de gösterilmiştir.)



Şekil 2.12: Diskin anteriora deplasmanı¹⁰¹

2.1.4.7. Redüksiyonlu Anterior Disk Deplasmanı

Redüksiyonlu Anterior Disk Deplasmanı, diskin kondil üzerindeki fizyolojik hareketinin bozulmasından kaynaklanmaktadır. Eklem diski anteriora konumlanmıştır. Temporomandibuler eklem bozuklukları içerisinde çok sık ortaya çıkan rahatsızlıktır. Diskal kollateral ligamentler ile inferior retrodiskal lamina uzamış yapı gösterebilir. Inferior retrodiskal lamina ile diskal kollateral ligament uzadığında, diskin üst lateral pterygoid kasa ait çekme kuvveti sonucu disk öne konumlanır. Ek olarak eklem diskinin arka kısmındaki incelme diskin daha anteriora konulanmasıyla sonuçlanabilir. Kondil diske ait arka kısma ve ya retrodiskal doku alanına yerleşmesiyle ağzın açma hareketi esnasında kondilde çok fazla translasyon meydana gelir. Normal olmayan bu kondil ve disk hareketine ilişkin olarak başlangıç aşamasında yalnızca açılma esnasında orataya çıkan klik sesi sonraki aşamalarda açma ve kapama sırasında meydana gelebilir^{75,100,106,107}.

2.1.4.8. Redüksiyonlu Anterior Disk Deplasmanının Etiyolojisi

Redüksiyonlu disk deplasmanına (RADD) yol açan etiyolojik faktörler kısmen, mandibular kondil üzerine gelen anormal biyomekanik kuvvetlere bağlıdır. Bu kuvvetler, eklem dokularının şeklini ve işlevini değiştirir. Literatür, TME'ye yönelik kronik (mikrotravma) veya akut yaralanmalar (makrotravma), TME bileşenlerinin şekil ve/veya dinamik özelliklerinde değişiklikler, yetersiz lubrikasyon, disk şeklindeki değişiklikler, dejeneratif eklem hastalığı, bazı oklüzal anormallikler, lateral pterygoid kasın

hiperaktivitesi, eklem hipermobilitesi, TME bağının ve eklem kapsülünün zayıflığı veya gevşekliği gibi RADD riskini artıran birçok potansiyel faktör bulunmaktadır¹⁰⁸⁻¹¹⁰.

Disk-kondil kompleksi düzensizliği, disk ile mandibular kondil arasındaki ilişkinin değişmesinden kaynaklanır. Lateral diskal bağların ve alt retrodiskal lamanın uzaması durumu meydana geldiğinde, normal disk hareketini bozulur. Ayrıca, diskin arka kısmının incilmesi, diskin daha öne deplasmanına neden olabilir^{60,64,111}.

Geçmişte, lateral pterygoid kasın(LPK) çekmesiyle diskin daha öne konumlandırılabilceğine inanılırdı. Ancak, bu teori sadece LPK'nın çok az miktarda kas lifinin eklem kapsülünü geçip doğrudan diske bağlanabileceği varsayımına dayanarak yürütüldü. Bu zayıf bağlantı, diskte deplasman oluşumundaki LPK kas kasılması teorisini de zayıflatı. Magnetik rezonans görüntüleme (MRG) ile yapılan bir çalışmada, LPK kas bağlantı tipi ve TME iç düzensizliği arasındaki korelasyon değerlendirildiğinde, istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon bulunamamıştır. Redüksiyonlu disk deplasmanının (RADD) prevalansı kadın hastalarda daha yüksektir. Bu durum, daha yüksek eklem laksitesi ve daha yüksek eklem içi basınç gibi bazı kadınlara ait özelliklerin etkisinden kaynaklanabilir¹¹²⁻¹¹⁴. Yaş ile RADD arasında bir ilişki bulunmaktadır. Artan yaşla birlikte eklem morfolojisi ve eklem içi boşluk miktarı değişirken, TME içinde eklem boşluğu yetersizliği gelişebilir ve diskte pozisyon değişikliğine yol açabilir. Eklem anatomisi de diskte deplasmana neden olabilir. Kondil hacimleri (kortikal ve trabeküler bileşenleri) diskin deplasmanı ile anlamlı şekilde ilişkilidir ve her iki cinsiyette de diskin deplasman miktarı arttıkça kondil hacimleri azalır. Ayrıca, artiküler eminensin şekli (sigmoid form en yüksek insidansı gösterdi), disk konfigürasyonu (bikonkav form en yaygın olanıdır), disk pozisyonu (anterosuperior pozisyon en sık görülenidir) RADD oluşmasıyla ilişkilidir¹¹⁵⁻¹¹⁹.

2.1.4.9.Redüksiyonlu Anterior Disk Deplasmanında Teshis Yöntemleri

a) Anamnez

Anamnez alınması aşaması, TMB'lerin doğru değerlendirilmesi için en önemli bölümdür. Doğru alınmış anamnezler hekimin doğru teşhise ulaşması ile tedavinin ideal yapılabilmesi için gereklidir. Anamneze alınması esnasında hastanın öncelikle şikayeti dinlenmesiyle başlanmalıdır. Böylece bu şikayetin gerçekleşme süresi, hastayı ne derecede etkilediği ve ne şekilde ilerleme gösterdiği öğrenilmelidir. Ayrıca şikayetin

daha önceden herhangi bir tedavi alıp almadığı eğer aldıysa tedavilerin ne içerikte olduğu ile bu tedavilerden ne denli yarar sağlandığı mutlaka anamneze yazılmalıdır. Ek olarak genel sistemik durumu detaylı değerlendirilmelidir ve hastanın tedaviye bakış açısı ve beklentileri mutlaka öğrenilmelidir^{93,115-120}.

b) Fizik muayene

Klinik muayenede palpasyon, inspeksiyon ve oskültasyon ile gerçekleştirilir. Eklem fonksiyonunun değerlendirilmesi, ağız açıklık miktarının ölçülmesi ve açma hareketinde oluşan trase ile değerlendirilebilir. Eklem bölgesinin doğrudan muayanesi parmak uçlarının eklem üstüne konmasıyla, ağzın açma ve kapama hareketi esnasında sağ ve sol kondilin baş kısımları arasında olması gereken denge kontrol edilmelidir. Arka bölgelerin palpasyonu, küçük parmak uçlarının dış kulak yolundan içeriye doğru yerleştirilmesiyle nazik bir şekilde gerçekleşmelidir^{101,121-123}. Bu hastalarda, palpasyon sırasında oluşan klik sesleri sıklıkla algılanmaktadır. Bazen klik sesleri palpasyon sırasında algılanamayabilir, bu durumlarda stetoskop kullanımı önerilmektedir. Hiçbir sesin alınmaması durumu RADD olmadığının göstergesi değildir, nitekim Westesson ve ark. 'nın¹²⁴ yaptıkları çalışmalarında sesin alınmayıp bulgu vermeyen eklemlerin %15'lik bölümünde artrografiyle RADD tespit edilmiştir. RADD'de klinik muayene sırasında klik seslerinden farklı olarak ağzın açılması ve lateral hareketlerinde kısıtlanmaya da rastlanabilir, bu durumlarda ağız açıklığının yirmi beş veya otuz milimetreye kadar düşebildiği gözlemlenmiştir. Bu vakalarda kondildeki kayma hareketlerinde sınırlamalar söz konusu olabilir. Böyle durumlarda diğer tarafa yan hareketler sınırlıyken aynı taraftaki hareketlerde bir problem söz konusu değildir. Ağzın açılması esnasında deviasyon tespit edilmesi tanıda oldukça önemlidir. Ağız açma hızı deviasyonun yerinde değişikliğe neden oluyorsa bu RADD'yi gösterir¹²⁵⁻¹²⁷.

c) Radyolojik Muayene

Temporomandibular eklem bozukluklarının dahil olduğu durumlarda klinik muayene sırasında kesin olarak teşhisin konulabilmesinin mümkün olmadığını gösteren araştırmalar mevcuttur. Manyetik Rezonans Görüntüleme ile yapılan olan bir çalışma, redüksiyonlu disk deplasmanlarının klinik muayene sırasında doğru teşhis konulmasının oranı %48 olarak bildirilmiştir. MRG eklemde ait sert ve yumuşak dokuların ayrıca eklemi çevreleyen yapılarının değişik planlarda görüntülenmektedir. TMB'lerin teşhisi için

önceki dönemlerde artrografi yöntemi kullanılmaktaydı. Ancak hastanın yüksek dozda radyasyona kalması gerekmektedir, uygulama eğitilmiş hekimler gerektirir ve invaziv bir tekniktir. Bundan dolayı günümüz teknolojisi sayesinde temporomandibuler eklemin iç düzensizliklerinin görüntülenmesinden altın standart olarak MRG'ler kabul edilmiştir. Günümüzdeki artrografi kullanımına ait tek endikasyon, diskin ya da retrodiskal dokuların perforasyonlarını gözlemlemektir^{128,129}.

Manyetik Rezonans Görüntüleme'nin pahalı olması nedeniyle, eklemin boşluğuna ait genişliğin görüntülenmesinde farklı yöntemlerden yararlanılabilir. Anterior tarafa deplase olan eklem diskinin, eklemin boşluğunu daraltabileceği düşünülmektedir. Kondil başı ile incelmeye götüren retrodiskal dokular temas eder. Eklemin boşluğuna ait genişlik göz önüne alınarak, diskin ön tarafta mı olduğunun kararının alınması doğru değildir. Çünkü MRG dışında farklı görüntüleme teknikleriyle eklemin boşluğunun incelenmesi mümkün değildir¹³⁰⁻¹³².

Panoramik röntgenlerde, kondile ait vertikal ile horizontal eğilimler kompanse edilemediğinden tanjantal bir görüntü meydana gelir bundan dolayı normal durumdan genişlemiş bir kondil ile daralmış bir eklem aralığı gözlemlenir. Temporomandibular eklemeye ait tomografilerin her kesitinde kondilin karşı tarafına düşen glenoid fossayı aynı biçimde gösterir. Ancak bu sadece hastanın baş pozisyonu kondile ait horizontal ve vertikal eğimi kompanse edecek biçimde yerleştirildiyse gerçekleşebilir. Bu durum sağlanabilse dahi, normal eklem, redüksiyonlu ve redüksiyonsuz disk deplasmanları arasındaki eklem mesafesinin farkını gösteremez. Çünkü her grup birbirinden oldukça farklıdır¹³⁰⁻¹³².

Sadece klasik radyografilerin kullanılması teşhisin konulması ve sonrasında tedavinin yapılması ciddi sonuçlara neden olabilir. Diske ait pozisyonun belirlenmesi amacıyla, diğer yöntemlerden ziyade MRG'nin tercih edilmesi önerilir.

Redüksiyonlu Anterior Disk Deplasmanının mekanizması biliniyorsa, iyi bir anamnez ile klinik muayenenin yanı sıra görüntüleme yöntemlerinden faydanılmadan doğru teşhis konulabilir. Araştırmalara göre, görüntüleme alınmaksızın sadece anamnezin alındığı ve klinik muayenenin yapılması ile tedavinin planlanmasının, görüntüleme alındıktan sonra değişmeyeceğini gösterilmiştir. Ancak bu yöntemlerle nihai sonuçlara ulaşılamıyorsa, tedavi öncesi görüntüleme alınması önerilir. Panoramik,

tomografi ya da düz radyografiler bu işlemler için tanı amacıyla kullanılamazlar. MRG yöntemi ile artrografi RADD teşhisi sırasında en sık başvurulanan tekniklerdir^{92,133,134}.

d) Psikolojik değerlendirme

Temporomandibular eklemdede meydana gelen ağrı ve disfonksiyonlarında stres etkisi yüksek bir faktördür. Doğrudan tek sorumlu etken bile olabileceği fikri araştırmacılar arasında yaygındır. Doğal nedenlerle meydana gelen disfonksiyon ve ağrılar psikolojik sorunları beraberinde getirebilir. Bundan dolayı TME’de iç düzensizlik tanıılı hastaların mutlaka psikolojik açıdan da muayene edilmesi önerilir^{108,135-137}.

e) Klinik Seyri

Redüksiyonlu Anterior Disk Deplasmanları çoğunlukla ağzın açma ve kapatma hareketi ile meydana gelen klik sesiyle karakterizedirler. Ağız kapatma hareketi esnasında ortaya çıkan klikling sesi anteromedial olarak oluşmuş disk deplasmanlarının belirteçlerindendir ve kapatma hareketi sırasında ortaya çıkan klikling sesi ne derece geç oluşursa, prognoz da o derece iyi olmaktadır¹³⁸⁻¹⁴¹. Açma hareketi esnasında alınan klikling sesi ise kondile ait keskin üst kısma denkgelen deplase olmuş diskin redüksiyonunu anlamına gelir. Eklemin içindeki basınçlar düşük ise, diskin yerine geri dönmesi sırasında klikling meydana gelmez, erken açılma esnasında klikling meydana gelir ve oluşan klikling hafifçe RADD’nin belitecidir, geç fazdaki alınan klikling sesi ise daha da ciddileşmiş bir deplasmanı göstermektedir. Açma hareketi sırasında oluşan kliği kondil ve diskin morfolojisine, kasların çekim gücüne ve üst retrodiskal laminaya ait çekime bağlı olarak açma hareketinin bir aşamasında meydana gelir. Hastalarda klinik olarak ağız açma hareketinde kısıtlanma olabilir. Ek olarak açma hareketi esnasında diskin redüksiyonunda interinsizal aralık (alt ve üst kesici dişlerin insizal kenarları arasındaki mesafedir.) kapatma hareketi esnasında oluşan interinsizal aralıktan daha fazladır. Ağız açma hareketinin ilk basmağında ve protrüzyon hareketi sırasında alt çene etkilenmiş tarafa doğru deviasyon gösterebilir, diskin yerine gelmesiyle alt çene karşı tarafa doğru deviasyon gösterir ve sonrasında orta hatta doğru hareketi devam eder. Bozukluğa ait bu erken aşamada ağrılar çoğunlukla oluşmaz, ilerlemiş aşamalardaysa ikincil kas kasılmalarına bağlı olarak meydana gelebilir. Ayrıca oluşan ağrılar TME’nin çevresindeki yumuşak dokulardan kaynak alır^{3,142,143}. Bu dokular; kapsüler ligament, noziseptörler içeren diskal ligament ile retrodiskal dokudur. Buradaki ligamentler uzama

gösterirse ya da retrodiskal doku sıkıştırılırsa ağrı reseptörlerinden noziseptörler sinyal verir. Bunun sonucunda ağrı algılanmaktadır. Nosiseptörler stimüle edilirse alt çenenin hareketini sağlayan kas gruplarında inhibisyon etkisi meydana gelir. Bu sebepten dolayı ağrı hissedilince altçene hareketini aniden durdurur. Bu olaya noziseptif refleks adı verilir, buradaoluyşan hareket kısıtlılık miktarı yalnızca ağrı sonucunda meydana gelir. RADD’de parafonksiyonel hareketin belirteci olarak kasların gergin olması durumu görülebilir. Kasların kasılmaları alt çene postural konumunda değışiklik yaratabilir. Böyle durumlarda oklüzyonun da değıştiğı gözlemlenebilir. Alt lateral pterygoid kasın kasılması diske ait etkilenmiş tarafın anteromedial yöne yer değıştirmesine sebep olmaktadır. Bu durumun sonucunda aynı taraftaki arka dişlerde açık kapanış, karşı taraftaysa ön dişlerde aşırı temaslar meydana gelir. Elevatör kasların kasılması sonucundaysa ağzın açma hareketinde zorluk olur¹⁴⁴⁻¹⁴⁶.

f) Ayırıcı tanısı

Temporomandibular ekleme ait iç düzensizliklerin teşhisini netleştirmeden öncesinde, hekim mutlaka ağız açıklığı miktarındaki kısıtlılık ile eklem seslerine sebep olabilecek durumlara dikkat etmesi gerekmektedir. Örnek olarak koronoid osteokondromu ya da hipertrofilerde maksimum ağız açıklık miktarında kısıtlılık oluşur ve koronoid çıkıntının uzamasından dolayı zigomatik arka çarpması sonucu kliking sesi bile ortaya çıkabilir. Tarif edilen ses, RADD’de oluşan eklem sesinden farklı olarak ağız açma hareketi sırasında el ile yapılan palpasyonda sarsıntılı ve titreşim olarak hissedilmesidir. Diskte deplasyon yoksa bile diskin yüzeyinde bulunan düzensizliklerden dolayı kliking sesleri gelebilir^{97,147}.

Hareketin kısıtlı oluşuna çok fazla intraartiküler patoloji sebep olabilir. Bunlar; artritler, eklemi içeren birinci ya da ikincil neoplazmalar, sinovyal kondromatozis olabilir. Kapsül dışından kaynaklanan nedenler histerik trismus, myofasiyal ağrı, çiğneme kaslarının fibrozisi, skleroderma, myozit, myozitisossifikans ve zigomatik kırıkları şeklinde sıralanabilir. Bu sebepler içteki düzensizliklere kıyasla aşamalı olarak oluşurler. Ayrıca bu hastalıklar oluşmadan önce kliking ya da popping semptomu olmaz. Bu özellikleriyle RADD’dan ayrılırlar^{148,149}.

g) Tedavi

Redüksiyonlu Anterior Disk Deplasmanı tanısı netleşen hastalardaki tedavinin amacı, bütün TMB olgularında olduğu gibi fonksiyonu düzeltmek, ağrıyı gidermek veya azaltmaktır. Tedavi; semptomların doğru değerlendirilmesiyle altında yatan nedenlerin doğru analizi, predispozan faktörlerin ayrıca patolojik etkilerini tedavileri şeklinde olmaktadır. Ayrıca tedavi planı mutlaka mantıksal bir sırada olmalıdır^{150,151}.

Literatürde bu konuyla ilgili yapılan çalışmalarda TMB tedavisinde kullanılmakta olan hiçbir tedavi yönteminin bir başka yöntemle göre üstün olması tam olarak ortaya konulamadığı görülmektedir. Bu durum, RADD olan TMB hastaları için de geçerlidir. Günümüzde birinci aşama tedavi olarak invaziv olmayan, geridönüşümlü (reversible) teknikler olması gerektiği algısı oluşmaya başlamıştır. Ek olarak bu teknikleri çok az risk içerdiği ve yüksek başarı oranına sahip oldukları unutulmamalıdır^{59,86}. İkinci aşama olarak invaziv işlemler tercih edilebilir. Buna göre TMB'lerde iki tür tedavi yaklaşımı mevcuttur:

Faz 1 Tedavi (reversible-geri dönüşümlü)

Faz 2 Tedavi (irreversible-geri dönüşümlü olmayan)

Faz 1 Tedavi

Temporomandibuler eklem (TME) bozuklukları, çene eklemine ve çevresindeki kaslarda ağrı ve disfonksiyona neden olan durumlardır. TME bozukluklarının tedavisi, genellikle konservatif ve minimal invaziv yaklaşımlarla başlar. Faz 1 tedavi yaklaşımları, semptomları hafifletmeye ve eklem fonksiyonunu iyileştirmeye yönelik konservatif yöntemlerdir^{98,152}.

Faz 1 tedavi yaklaşımları, TME bozukluklarında konservatif ve minimal invaziv yöntemlerin kullanıldığı bir süreçtir. Bu süreçte hastalara yaşam tarzı değişiklikleri ve öz-bakım stratejileri öğretilir; uygun diyet seçimi, stres yönetimi ve uygun uyku pozisyonları gibi faktörler üzerinde durulur^{153,154}.

Fizik tedavi de önemli bir rol oynar ve çene eklemine ve çevresindeki kasların esnekliğini ve gücünü artırmaya yönelik özel egzersizler ve germe tekniklerini içerir. Bu, TME belirtilerini azaltmaya ve çene fonksiyonunu iyileştirmeye yardımcı olabilir. Ayrıca, farmakolojik tedavi kapsamında TME bozukluklarının semptomlarını yönetmeye

yardımcı olabilecek ilaçlar reçete edilebilir. Bu ilaçlar genellikle ağrı kesici, anti-inflamatuar ve kas gevşetici ilaçları içerir^{62,155}.

Oral splintler veya gece plağı da Faz 1 tedavi yaklaşımlarının bir parçasıdır. Bu özel plastik cihazlar, dişlerin arasına yerleştirilerek çene eklemine stabilize etmeye, diş sıkma veya gıcırdatma alışkanlıklarını azaltmaya ve TME belirtilerini hafifletmeye yardımcı olur^{156,157}.

Son olarak, davranışçı terapi uygulanarak psikolojik müdahalelerle TME bozukluğu belirtileriyle baş etme ve stres yönetimi konularında hastalara destek sağlanır. Bilişsel davranışçı terapi gibi yöntemler bu süreçte kullanılabilir^{158,159}.

Faz 2 Tedavi

Faz 2 tedavi yaklaşımları, TME bozukluklarının Faz 1 tedavi yaklaşımlarına yanıt vermeyen veya şiddetli semptomları olan hastalar için kullanılır. Bu tedavi seçenekleri, daha invaziv yöntemleri içerebilir ve genellikle daha karmaşık ve uzun süreli tedavi gerektirir^{53,160}.

Oklüzyon düzeltme tedavisi, dişlerin uyumsuzluğunun TME bozukluklarının semptomlarını kötüleştirdiği durumlarda uygulanır. Bu tedavi sürecinde, ortodontik tedavi veya diş restorasyonları gibi yöntemler kullanılarak dişlerin uyumu düzeltilir^{160,161}.

İleri fizik tedavi teknikleri, Faz 1 tedavi yaklaşımlarına ek olarak kullanılabilir. Geleneksel fizik tedavi yöntemlerinin yanı sıra, ultrason, elektrik stimülasyonu, lazer terapi ve nöromüsküler yeniden eğitim gibi daha ileri düzeyde teknikler de TME belirtilerinin hafifletilmesine katkıda bulunabilir. Enjeksiyon tedavileri de TME bozukluklarında kullanılabilir. Bu tedavi yöntemi, kas gevşeticiler, kortikosteroidler veya botulinum toksin (Botox) gibi ilaçların direkt olarak TME bölgesine enjekte edilerek semptomların hafifletilmesini amaçlar. Şiddetli TME bozuklukları durumunda, cerrahi müdahale gerekebilir. Cerrahi prosedürler, artritik eklem yüzeylerini düzeltmek, eklem kıkırdağı veya menisküs onarımı yapmak veya çene pozisyonunu düzeltmek için kullanılabilir. Cerrahi müdahale, diğer tedavi yöntemlerine yanıt vermeyen veya eklemden ciddi yapısal hasar bulunan hastalar için son çare olarak kabul edilir. Faz 2 tedavi yaklaşımlarında genellikle birden fazla yöntemin bir kombinasyonu kullanılır. Bu kombine tedaviler, hastanın durumuna, semptomların şiddetine ve altta yatan nedenlere bağlı olarak değişebilir ve en iyi sonuçlar için uygulanır^{54,149,162}.

Birçok TMB hastasında olduğu şekilde RADD hastalarına uygulanan tedavilerde de maksimum seviyede fayda sağlamak amacıyla bir ya da birden fazla tedavi yöntemi kombine olarak tercih edilebilir. RADD tedavisi belirtilen sırayla yapılabilir^{73,112}:

- a) Hasta Eğitimi ve Koruyucu Tedavi
- b) Oklüzal splint tedavisi
- c) Farmakolojik tedavi
- d) Emosyonel stres tedavisi
- e) İrreversible oklüzal tedavi
- f) Cerrahi tedavi

a) Hasta Eğitimi ve Koruyucu Tedavi

Hastanın eğitilmesi, hastanın dişlerini sıkması ya da gıcırdatması gibi parafonksiyonel hareketleri yapmaması yönünde hastanın bilgilendirilmesini içerir. Bu durumun hastalara anlatılması hastaları için çoğunlukla daha önce farkında varamadıkları var olan alışkanlıklarıyla ilgili harekete geçme durumu oluşturur. Hastaların, fark etmediği parafonksiyonel alışkanlıklarını anlaması ve üzerinde kontrol sağlamaya çalışması, tedavinin başarısını doğrudan yükseltecektir. Bununla beraber, hastalar genellikle probleminin anlatılması ile rahatlarlar.

Kullanımın kısıtlanması terimi, TMB'lerin rahatlatılmasını sağlayan aynı zamanda bir fizyoterapi yöntemidir. Çiğneme kaslarındaki ağrıların varlığı, alt çene hareketlerinde kısıtlılık meydana getirir. Hastaya mümkün olduğunca ağrı yaratacak hareketlerinden kaçınması, çiğneme esnasında çift taraflı arka dişlerini de mutlaka kullanması ayrıca sakız çiğneme gibi eklemi yoran durumlardan uzak durması önerilir. Yumuşak diyet ve küçük parçalara haline getirilerek gıdaların alınması ya da yavaşça çiğneme yapması, çiğnemenin dışında alt ve üst dişlerini temasa zorlamaması da anlatılır. Gevşeme tedavisinde amaç stresi ortadan kaldırmaktır. Gevşeme sağlanarak kaslardaki kan akımını artırılması amaçlanır ve semptomatik olarak ağrıların azalmasına neden olur^{67,81,163}.

Manuel teknikler, TMB tedavisinde kullanılan diğer bir fizyoterapi yöntemidir. Manuel teknikler arasında yumuşak dokuların mobilize edilmesi, egzersiz tedavileri ile

maniplasyonlar bulunur. Egzersiz tedavileri sağlıklı eklem ve kaslarının rahat olması, fonksiyon ile stabilitesinin düzenlenmesi bakımında faydalıdır. Nikolakis ve ark.'nın yaptığı çalışmalarda, RADD tanılı 30 hastaya egzersiz tedavileri sonrasında eklemde görülen klik sesinde azalma ya da oratadan kaybolma gözlemlenmiştir, fakat hastalığın akut dönemlerinde egzersiz ya da fazla hareketten mutlaka kaçınılmalıdır. Anlatılan tekniklerin tamamı RADD hastalarının tedavileri süresince hastaların fonksiyonlarının düzeltmek, ağrılarının azaltılmasını amaçlar. Bunun için de mutlaka eklem gelen streslerin kaynakları doğru tespit edilmeli ve hastaya çözüm yöntemi anlaşılır bir şekilde ifade edilmelidir. Hasta eğitimi aşamasında başarı aynı zamanda hasta hekim ilişkisinin iyi olmasına da bağlıdır^{64,164-166}.

b) Oklüzal Splint Tedavisi

Koruyucu tedavilerde en sık başvuru yöntemi splintlerin kullanıldığı mekanik tedavilerdir. Oklüzal splintler çoğunlukla sert akrilikten, silikon ya da yumuşak akrilikten üretilen, dişlerin insizalin ile oklüzal yüzeylerini kapatan, karşıt çenedeki dişlerle oklüzal temas meydana getiren apaneylerdir. Oklüzal splintler TMB'ler arasından, RADD, bruksizm, kaslarının ağrı ya da disfonksiyonlarının tedavisi için sıkça tercih edilirler. Oklüzal splint tedavisinde öncelikli amaç; dişler oklüzyona geldiği zaman çeneler arasında ideal ilişkilerin sağlanmasıdır. Oklüzal uyumsuzluklar sonucunda meydana gelen semptomların giderilmesini sağlar. Ek olarak mandibuler fossa ile diskin sağlıklı ilişkisinin bozulduğu durumlarda, kondil ve diski doğru fizyolojik pozisyonda tutarak yani sentrik ilişkiye getirilerek eklem rahatlatılmasını sağlar, bruksizm ile parafonksiyonların azaltılması ayrıca plasebo etkisi oluşturur^{6,167-169}.

Oklüzal splintler TMB'lerde kliking, eklem ile kas ağrılarının mevcut olduğu durumlarda kullanılmalıdır. Oklüzal splintler aynı zamanda hastaların fonksiyonel ya da parafonksiyonel alışkanlıklarını fark etmelerini sağlar. Hastanın bu davranışlarına farkındalık oluşturulduğunda semptomların azalması gözlemlenmiştir. Örnek olarak gece bruksizminde birçok olguda oklüzal apaneylerin kullanımıyla azaltılabildiği bildirilmiştir. Birçok oklüzal splint türü mevcuttur; ancak TMB'li hastalarda, özellikle RADD tedavisi sırasında en fazla oklüzal stabilizasyon splinti ve öne konumlandırıcı splintler kullanılmaktadır. Günümüz teknolojisi ile splintler bilgisayar ortamında kişiye özel olarak hazırlanabilmektedir. Tasarlanan bu apaneyler 3 boyutlu yazıcılarda oluşturularak

tedaviye hazır hale getirilir. Bu şekilde okluzal uyumlar mükemmel hale gelir ve tedavide başarı oranı yükselir^{4,73,112,163,170}.

Oklüzal Stabilizasyon Splinti

Kas gevşetici splintler olarak da bilinmektedirler; bu splintlerin temel amaçları kasların gevşemesini sağlayarak kas ağrılarını azaltmaktır. Ek olarak gece koruyucusu, destekleyici splint, Fox apareyi, Tanner apareyi, sentrik ilişki apareyi, Michigan splinti terimleriyle de literatürde farklı isimlendirmeleri mevcuttur. Bütün dental arkı kaplayacak ve karşıt dişler ile oklüzyon sağlayarak optimal oklüzal ilişki sağlanacak biçimde, çoğunlukla sert akrilikten yapılırlar. Sentrik ilişkide bütün dişler splint ile temasını oluşturmak esas amaçtır. Sentrik ilişki, kondillerde ortopedik olarak denge halinin sağlandığı mandibulanın pozisyonu şeklinde tanımlanmaktadır. TME'nin optimum dengelenmiş pozisyonunu ifade eden sentrik ilişki pozisyonunda kondillerin mandibuler fossa içerisinde en superioanterior pozisyonudur. Bu konumda eklem diski, kondilin ve fossanın arasında bulunur. Bir EMG çalışmasının bulgularında sentrik ilişki pozisyonun kasların çiğneme ya da fonksiyon sırasında daha da uyumlu oldukları ayrıca daha az enerji harcadıkları ortaya konmuştur^{4,6,163}.

Okluzal stabilizasyon splintlerinin(OSS) dikey boyutu attırması haricinde maksillomandibuler ilişki üzerinde etkisi yoktur. Ayrıca dentisyon ile eklem komponentlerinde stabilite meydana getirir, kasları gevşetir ve mandibulanın yeni konumuna adapte olmasını sağlar. OSS'lerin en fazla kullanılmakta olan ve yüksek seviyede klinik başarı sağlayan splint tipi olmakla birlikte sorunun intramusküler olduğu olgularda daha çok tercih edilmelidir. Bu sayede OSS'lerin masseter kasının aktivitesini iki hafta içerisinde azalttıkları kanıtlanmıştır. Çalışmalarda OSS'lerin streslerin sonucu olarak ortaya çıkan parafonksiyonel aktiviteleri azalttıkları da bildirilmiştir. Ayrıca kas spazmlarıyla beraber görülen, TME ağrıları ile klik bulgusu olan vakalarda endike oldukları belirtilmiştir. RADD'li hastalarda bu mekanizma ile yüksek oranda iyileşme sağlamaktadır. OSS'ler mandibulaya ve ya maksillaya yapılabilir; yalnızca üstçeneye yapılan OSS'lerin stabilitesi yüksektir. Daha çok miktarda dokuyu kaplamasından dolayı daha tutucudurlar. Kırılmalara karşı daha dayanıklı oldukları için daha fazla tercih edilmektedirler. Üst çeneye yapılan OSS'ler mandibuler dişlerin tümü ile temas edebilir. Bu özellik fazla insizal overjetli hastalarda geçerlidir. Anterior overjet fazlaysa alt çenedeki OSS'lerde temas sağlamak amacıyla vestibül tarafta raf şeklinde bir basamak

yapı oluşturulmadır. Fakat bu raf hastalarda tedaviye toleransı azaltmaktadır, çoğu zaman da hasta bu tip OSS'yi kullanamamaktadır. Estetik değildir, fonasyonu önemli ölçüde bozar. OSS'lerin, gece uyurken özellikle REM evresindeyken kullanılması önerilir; fakat hasta gün içerisinde diş sıkma gibi parafonksiyonları mevcutsa gün içerisinde de kullanımı önerilir. Gündüz kullanılacak OSS'lerin mandibulaya yapımı tercih edilir. Daha estetik yapıdadırlar ayrıca fonasyonu da bozmazlar^{85,115,171,172}.

Okuzal Stabilizasyon Splintlerinde bulunması gereken özellikler ;

İdeal bir OSS kalın olmamalıdır fakat gelen stresleri rahatlıkla tolere edebileceği kadar da kalın olmalıdır. Molar dişler bölgesinde optimum kalınlığı (3) mm olmalıdır.

Okuzal stabilizasyon splintlerin takılıp çıkarılması esnasında dirençle karşılaşmamalıdır. Hastanın dişlerine fazla kuvvet uygulamamalıdır. Fakat yerinden oynamadan ağız içerisinde durabilmelidir. Aksi durumda fonksiyon sırasında ve konuşmada ağızdan çıkabilir.

Mandibuler ve maksiller OSS'lerin dış hatları konuşma ve estetiği minimum etkileyecek biçimde hazırlanması önerilir. OSS'lerde fasial yüzey tarafından yaklaşık olarak 1-2 mm dışarıya doğru olmalıdır, dil ile yanak yüzeylerinin irrite edilmemesi amacıyla şekillendirilmeli ve polisajı yapılmalıdır^{173,174}.

Maksiller OSS palatinal bölgede dilin alanına girmemeli, fonasyonu en düşük seviyede etkilemelidir. Ayrıca yutkunmanın da kolaylaştırılması için inceltme yapılmalıdır.

Okuzal Stabilizasyon Splintlerini hastaların ağız içerisinde olduğunu farketmesini azaltmak ve yanak ısırmasını engellemek amacıyla fasiale konturlama yapılmalıdır. Sentrik ilişki esnasında, dişlerin splint ile temas etmesi sağlanmalıdır^{85,115,171}.

Diğer Oklüzal Splint Çeşitleri

Okuzal Stabilizasyon Splintleri haricinde RADD tedavilerinde kullanılan diğer splintler öne konumlandırıcı splint, ön ve arka ısırma plakları ve yumuşak gece plaklarıdır. Literatürde yumuşak plakların kullanımı artık önerilmemektedir.

Öne konumlandırıcı splint özellikle diske ait düzensizliklerde oldukça etkili sonuçlar gösterir. Kondil-disk düzensizliklerinde, OSS'lerin etkili olmadığı olgularda,

öne konumlandırıcı splintler uygulanmalıdır. Bu tipteki splintler diskin ve mandibulanın daha öne konumlandırılmasıyla, optimum disk kondil ilişkisini sağlayarak, retrodiskal dokunun bu duruma adaptasyonunu sağlamaktadırlar. Retrodiskal doku ile diskal ligamentin rejenerasyonu sağlamaktadır. RADD tedavisinde ekleme gelen baskıyı azaltır ve ağrıyı azaltır. Öne konumlandırıcı splint temelde RADD olgularında endikedir.

Öne konumlandırıcı splintler her iki çeneye de uygulanabilir. Çoğunlukla üst çeneye splint yapımı tercih edilmektedir. Alt çeneye splint takıldığında hasta alt çenesini daha kolaylıkla arkaya doğru pozisyonlandırabilir. Fakat alt çene splinti üst çene splentine kıyasla fonasyonu daha az etkilemektedir ve estetik özelliği daha yüksektir. Bu sebepten gündüz kullanımı tercih edilir. Üst çene splinti geniş kenarlara sahip olması ve stabilitesinin daha iyi olması açısından alt çene splentine kıyasla avantaj sağlar. Yalnızca günlük yaşamında hastaları rahatsız edebilir¹⁷⁵⁻¹⁷⁹. RADD tedavilerinde yüksek oranda faydası görülen öne konumlandırıcı splintin bazı negatif durumları da mevcuttur. Uzun süreli tedavileri sonrasında oklüzyonda arka açık kapanış tarzında geriye dönüşü olmayan oklüzyon değişiklikleri olduğunu bildiren çalışmalar bulunmaktadır. Bundan dolayı, hastaların seçimi dikkatli yapılmalı ve düzenli aralıklar ile kontrol randevuları yapılmalıdır. Splint optimum disk-kondil ilişkisini sağlayana kadar uygulanmalı ayrıca sonrasında pekiştirme amacıyla OSS'lerin kullanılması da önerilmektedir.

Gece plakları, uniform kalınlıkta ve polivinil yapıdadır. Yapım işlemlerinin kolay olması ve ekonomik olması tedavinin avantajlarıdır. Vakum tekniği kullanılarak üretilirler. Alt ve ya üst çeneye uygulanmasında herhangi bir fark yoktur, oklüzal kayıt alınmadan yapılabilir. Dişleri travmalara karşı korurlar. Bu splintler ağrıya bağlı disfonksiyon sendromunun semptomlarıyla gelen hastaların acil tedavilerinde kullanılmaktadır. Oklüzayona gelen kuvvetleri yapısından dolayı absorbe edebilir. Hastaları parafonksiyonlarını önleyebilir. Gece plaklarının 4-6 ay kadar kullanımı fonksiyonel kabul edilmektedir. Daha uzun kullanımlarda stabilitesi ile esneklikliğinin kaybolduğu bildirilmiştir^{101,180}.

c) Farmakolojik Tedavi

Temporomandibuler Bozukluklarda, tedavi sırasında belirtilerin giderilmesi amacıyla kullanılan destekleyici özelliği olan, geçici olarak uygulanan bir tedavidir. Hastaların kullandığı ilaçlar rahatsızlıklarını doğrudan tedavi edici özelliği yoktur.

Semptomların giderilmesinde kullanılır. Farmakolojik tedaviler uygulanacaksa öncelikle detaylı olarak anamnez alınarak hastanın yaşı, mesleği, sistemik hastalıkları, kullandığı ilaçlar gibi durumlarının değerlendirilmesi mutlaka yapılmalıdır. TMB’lerde ilaç tedavisi uygulama gerekliliği varsa tedavi belirli bir sürede gerçekleştirilmelidir. Farmakolojik tedavide sıklıkla kullanılan ilaçlar; analjezik ilaçlar, antidepresanlar, antienflamatuar ilaçlar, kas gevşeticiler, anksiyolitik ilaçlar, antihistaminikler, lokal anesteziklerlerdir^{1,181}.

d) Emosyonel Stres Tedavisi

Emosyonel stres tedavisinde öncelikli olarak hastanın psikolojik durumunun farkına varmasının sağlanması gerekir. Mastikasyon sistemine ait fonksiyonel bozukluk yada orofasial ağrısı bulunan hastaların birçoğu problemlerinin emosyonel stresleri ile arasındaki ilişkinin farkında değildir. Bundan dolayı kaslarında hiperaktivite bulunan hastalar, emosyonel stres seviyeleri ile hastalıklarının ilişkili olduğu konusunda bilgilendirme yapılmalıdır. Çoğunlukla parafonksiyonlarının farkında değildirler ve hastaların bir kısmı bu alışkanlıklarının var olduğunu da kabul etmeyebilir. Yaşamlarındaki yüksek stres durumunu da reddedebilirler. Hastalara bu konularla ilgili farkındalık sağlamak tedavilerinin ilk ve en önemli basamağıdır^{4,182}.

e) İrreversible Oklüzal Tedavi

Faz 2 tedavilerdendir ve RADD’lerin ilk invaziv aşamasıdır. Bu tedavi sırasında, mandibuler konum ve oklüzal kontaklar ya tek olarak ya da her ikisi de kalıcı olarak değiştirilir. Selektif olarak yapılan mölleme işlemi ve restoratif prosedürleri içerir. Cerrahi prosedürler ya da bazı ortodontik tedaviler de uygulanabilir bu işlemler geri dönüşüzdür⁴.

f) Cerrahi Tedavi

Cerrahi tedaviler, debridman ile eklem içindeki ağrıyı ve disfonksiyona sebep olan dokuların düzeltilmesini ya da uzaklaştırılmasını amaçlar. TME cerrahilerinde birincil hedef, ağrıyı azaltmak ve eklem fonksiyonunun düzelme sağlamaktır. TMB’lerin cerrahi tedavileri literatürde birçok araştırmacı tarafından destek görmektedir^{136,183,184}. TME’nin iç düzensizliklerinde olduğu gibi yaygınlaşmış bozukluklar göz önünde alındığında, cerrahiden başka tedavi seçeneği olmayan hastalarda tercih edilir. Cerrahi tedavinin kararı; rahatsızlığın derecesine, eklem anatomik olarak düzensizlik miktarına,

özellikle diğer tedavilerden fayda sağlanamaması durumlarına bakılarak verilmelidir. Son yıllarda, atroskopik cerrahi prosedürler, sıklıkla tercih edilen atrosentez, cerrahiden başka tedavilerle cevap alnamayan RADD'lerin de dahil olduğu TME'nin iç düzensizliklerinin tedavisinde artan sıklıkla seçilen cerrahi tedavilerdir. Atrosentez, konservatif tedavilere cevap vermeyen TME ağrısı olan hastalarda daha invaziv girişimlerin yerine ilk sıra cerrahi girişim olarak uygulanabilecek basit, minimum düzeyde invaziv ve etkili günlük bir uygulamadır. Atrosentez TME cerrahi girişimlerinin en basit şekli haline gelmiştir^{185,186}

2.2. Stres Analiz Yöntemleri

Stres analizi yöntemleri, mühendislikte ve fizikte, yapısal elemanların ve malzemelerin üzerindeki gerilme ve deformasyonları inceleyen, analiz eden ve tahmin eden tekniklerdir. Bu yöntemler, dayanıklılık, güvenilirlik ve malzeme ömrü gibi kritik faktörleri değerlendirmeye yardımcı olur. Stres analizi, yapısal ve mekanik sistemlerin performansını ve dayanıklılığını belirlemek için kullanılır¹⁸⁷.

Stres analiz yöntemleri, özellikle sonlu elemanlar analizi (SEA), diş hekimliği alanında önemli avantajlar sunmaktadır. Bu yöntemler sayesinde, diş hekimleri ve mühendisler, protezler, implantlar ve diğer diş restorasyonlarının tasarım ve performansını değerlendirebilirler. Stres analiz yöntemleri ile yapılan değerlendirmeler, gerilmeler ve deformasyonlar hakkında bilgi sağlayarak, daha etkili ve dayanıklı dental materyaller ve tedaviler geliştirmeye yardımcı olur. Ayrıca kuvvet etkinliklerinin matematiksel olarak değerlendirilemediği TME gibi anatomik alanların modellenmesi sonucu basınç etkilerini inceleme imkanı sunar. Klinik açıdan tedaviler geliştirilmesi için literatüre katkı sağlar^{187,188}.

Sonlu elemanlar analizi, diş hekimliğinde kullanılan cihazların ve materyallerin yapısal davranışlarını değerlendirmeye olanak tanır. Bu sayede, diş hekimleri ve mühendisler, malzeme seçimi ve tasarımın optimize edilmesi için önemli içgörüler elde edebilirler. Ayrıca, SEA ile yapılan analizler, dental restorasyonların ve cihazların dayanıklılığını ve güvenilirliğini artırmaya ve hastalar için daha konforlu ve etkili tedaviler sağlamaya katkıda bulunur.

Stres analizlerine dair ilk çalışmalar kemiklerden elde edilen kesitlerdeki, trabekula yapılarının incelenmesi şeklinde olmuştur. Bu tekniği kullanan başlıca

biliminsanları; Von Meyer¹⁸⁹(1867), Roux¹⁹⁰(1885), Wolff¹⁹¹(1870-1892)'dir. Daha sonraki dönemlerde, Koch¹⁹², Grunewald ve Marique¹⁹³ (1917-1945) uzun kemikler üzerinde analizler geliştirmişlerdir.

Dışhekimliğinde kullanılan kuvvet dağılımı saptama yöntemleri

1. Gerilim ölçer ile analiz yöntemi,
2. Fotoelastik analiz yöntemi,
3. Holografik interferometre ile analiz yöntemi,
4. Kırılğan vernikle kaplama yöntemi
5. Radyo telemetri,
6. Termografik stres analizi ve
7. Sonlu elemanlar stres analiz yöntemidir¹⁹⁴.

2.2.1. Sonlu elemanlar analizi

Sonlu elemanlar analizi (SEA), mühendislik ve fizik alanlarında kullanılan sayısal bir hesaplama dayalı analiz yöntemidir. SEA, yapısal, termal, elektromanyetik ve akışkanlar dinamiği gibi birçok mühendislik probleminin çözümünde etkili bir araçtır. Bu yöntemle, bir sistemin veya yapısal bileşenin tepkisi, belirli yükler, sınır şartları ve malzeme özellikleri altında tahmin edilebilir.¹⁹⁵

Karmaşık geometriye sahip katı cisimlerin modellenmesine, çok bağlantılı veya köşeli bölgelerin güvenli şekilde incelenmesine ve düzgün sınırlara sahip olmayan yapıların eğri kenarlı elemanlarla değerlendirilmesine olanak tanır. Bu sayede, gerçek yapıya yakın bir model oluşturarak, in vivo şartlarda ulaşılamayan bölgelerin analiz edilmesi mümkün hale gelir. Eleman boyutlarının değiştirilerek hassas değerlerin elde edilmesine ve işlem hızının artırılmasına olanak sağlar. Ayrıca, birden fazla malzeme kullanılabilir ve karmaşık malzeme kombinasyonlarında geometri ve malzeme özellikleri kolayca değiştirilebilir. Stres tipleri, stres dağılımları ve deplasmanlar hassas ve duyarlı şekilde elde edilebilirken, deneysel araçlar ve sınır koşulları kolaylıkla kontrol edilebilir ve değiştirilebilir.^{188,196}

Sonlu elemanlar analizi yöntemi, diğer deneysel analiz tekniklerinin dezavantajlarına sahip olmayıp, gerçeğe yakın değerler sunar. Karmaşık yapıdaki sistemlerin deneysel olarak teorik çözümü zor ve maliyetli olduğu için, sonlu elemanlar analizi, gerçekçi ve maliyet etkin bir alternatif olarak tercih edilir. Bilgisayar ortamında gerçekleştirilen bu yöntem, fazladan materyal ve çaba gerektirmez. Bu nedenle, SEA, dış hekimliği ve diğer mühendislik alanlarında karmaşık yapıların analizinde önemli bir avantaj sunar^{57,72,94,197}.

2.2.1.1. Sonlu Eleman Analizinde kullanılan bazı temel kavramlar

Sonlu Eleman Analizinde modeldek oluşan gerilme kuvvetleri ile yer değiştirme miktarını matematiksel olarak ortaya koyabilmel amacıyla bazı bilgiler gereklidir. Bunlar:

- a) Düğüm noktalarının ve elemanlarının toplam sayısı,
- b) Her bir düğüm noktasını ve elemanı belirlemek için numaralandırma sistemi,
- c) Her bir elemanla ilgili olarak materyalin elastisite (Young) modülü ve Poisson oranı,
- d) Her bir düğüm noktasının koordinatları,
- e) Sınır şartlarının tipi ve
- f) Dış düğümlere uygulanan kuvvetlerin değerlendirilmesidir¹⁹⁸.

a) Düğüm (Node):

Düğüm (Node), SEA metodunda kullanılan temel kavramlardan biridir. SEA, mühendislik ve fizik alanlarında, yapısal sistemlerin ve malzemelerin gerilme, deformasyon ve diğer fiziksel büyüklüklerinin analizini gerçekleştirmek için kullanılır. Bu analiz yöntemi, bir yapıyı veya nesneyi daha küçük ve basitleştirilmiş parçalara ayırarak problemin daha kolay çözülmesini sağlar. Bu küçük parçalar, sonlu elemanlar olarak adlandırılır^{198,199}.

b) Eleman (Element):

Eleman (Element), SEA yönteminde kullanılan bir başka temel kavramdır. SEA, yapısal sistemlerin ve malzemelerin gerilme, deformasyon ve diğer fiziksel

büyükliklerinin analizini gerçekleştirmek için kullanılan sayısal bir yöntemdir. Bu analiz yöntemi, bir yapıyı veya nesneyi daha küçük ve basitleştirilmiş parçalara ayırarak problemin daha kolay çözülmesini sağlar. Bu küçük parçalar, sonlu elemanlar (elementler) olarak adlandırılır. Sonlu elemanlar (elementler), geometri ve malzeme özelliklerine göre şekillenir ve düğümlerle bağlantılıdır. Elemanlar, düğümler arasındaki kuvvetlerin ve deformasyonların transferini sağlar. Bu elemanlar, basit geometrilerle (üçgenler, dörtgenler, altıgenler vb.) temsil edilir ve daha karmaşık yapıların ve malzemelerin sürekliliğini yakalamak için bir araya getirilir¹⁹⁸.

Sonlu elemanlar analizinde, elemanlar çeşitli tiplere ayrılabilir:

1. Çubuk elemanlar: Çubuk elemanlar, doğrusal yapı elemanları için kullanılır ve genellikle çekme, basma ve burulma kuvvetlerini aktarır.
2. Kiriş elemanları: Kiriş elemanları, eğilme momenti ve burulma momenti gibi momentleri taşımak için kullanılır.
3. Kabuk elemanları: Kabuk elemanları, ince plakalar ve kabuk yapılar için kullanılır ve eğilme momenti, çekme ve basma kuvvetlerini taşır.
4. Katı elemanlar: Katı elemanlar, üç boyutlu malzemeler ve yapılar için kullanılır ve genellikle çekme, basma, eğilme ve burulma kuvvetlerini taşır²⁰⁰.

c) Ağ Yapısı (Mesh) Oluşturulması:

Ağ yapısı (mesh) oluşturma, SEA sürecinin önemli bir adımıdır. Mesh, analiz edilecek nesnenin geometrisinin, daha küçük ve basitleştirilmiş şekiller olan elemanlara bölünmesi işlemidir. Bu elemanlar, düğümler (nodes) adı verilen noktalarla birbirine bağlanır. Mesh oluşturma, nesnenin geometrisine, malzeme özelliklerine ve analiz türüne göre düzgün veya düzensiz şekillerde olabilir^{198,200}.

d) Sınır şartları (Boundary conditions):

Sınır şartları, sonlu eleman analizi sırasında kullanılan diferansiyel denklemlerin çözümlerinde önemli bir rol oynar. Bu şartlar, analiz edilen sistemin dış etkilerle nasıl etkileşime girdiğini ve bu etkileşimin sonuçlarını belirler. Sınır şartları, sonlu eleman modelinin doğru ve güvenilir sonuçlar üretmesi için gereklidir¹⁹⁸.

e) Geometri ve Katı Modelleme:

Geometri ve katı modelleme, bilgisayar destekli tasarım ve mühendislik alanlarında kullanılan temel kavramlardır. Geometri, şekillerin ve nesnelerin özelliklerini, ölçülerini ve ilişkilerini inceleyen matematik dalıdır. Katı modelleme ise, üç boyutlu nesnelerin ve yapıların dijital ortamda temsil edilmesi ve manipüle edilmesi süreçlerini içerir^{68,201}.

Geometri ve katı modelleme, mühendislik ve tasarım süreçlerinde şu amaçlarla kullanılır:

1. Ürün tasarımı ve prototipleme: Mühendisler ve tasarımcılar, yeni ürünlerin ve parçaların tasarımlarını oluşturmak için katı modelleme yazılımlarını kullanır. Bu yazılımlar, parçaların ve montajların 3D görselleştirilmesini ve analizini sağlar.
2. Üretim ve işleme: Katı modelleme, üretim süreçlerini optimize etmek ve CNC (Bilgisayarlı Sayısal Kontrol) işleme gibi gelişmiş üretim yöntemlerini desteklemek için kullanılır.
3. Performans analizi ve optimizasyon: Mühendisler, SEA ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) gibi sayısal analiz yöntemlerini kullanarak, tasarlanan nesnelerin ve yapıların performansını ve dayanıklılığını değerlendirir ve optimize eder.
4. Kalite kontrol ve denetimi: Katı modelleme, tolerans analizi ve uygunluk değerlendirmesi gibi kalite kontrol süreçlerinde de kullanılır¹⁹⁸.

f) Stres (Gerilim):

Stres veya gerilim, mühendislik ve fizik alanlarında yaygın olarak kullanılan bir kavramdır. Stres, bir malzemenin birim alanına etki eden kuvvetin büyüklüğü olarak tanımlanır. Gerilim, bir yapıdaki veya malzemedeki iç kuvvetlerin etkisiyle ortaya çıkar ve genellikle basınç, çekme, eğilme ve burulma gibi farklı türlerde olabilir. Stres, bir malzeme üzerindeki yükün dağılımını ve bu yükün malzemeye nasıl tepki verdiğini anlamaya yardımcı olur. Bu nedenle, malzemelerin ve yapıların dayanıklılığını ve performansını değerlendirmede önemli bir rol oynar. Bilimsel yayınlarda ise kuvvetin birimi Newton'dur, stresin birimi ise $N/mm^2 = MPa$ (Megapaskal) 'dır^{68,201}.

$$\text{Stres}(\sigma) = \text{Kuvvet} / \text{Alan} = MPa$$

Stresin üç tipi mevcuttur: Çekme (tensile), basma (compressive) ve makaslama (shear) gerilimi

g)Strain (Gerinim):

Gerinim, mühendislik ve fizik alanlarında, bir malzeme veya yapıya uygulanan stres (gerilim) sonucu meydana gelen deformasyonu tanımlar. Gerinim, bir nesnenin orijinal boyutlarına göre ne kadar uzadığı veya sıkıştığı ile ilgilidir ve boyutsuz bir büyüklüktür. Gerinim, büyüklüğü ve yönü olan bir kuvvet değil, sadece bir büyüklüktür^{68,201}.

h)Elastisite modülü (Young's modülü):

Elastisite modülü, aynı zamanda Young modülü olarak da bilinir ve malzemelerin elastik özelliklerini tanımlayan bir mühendislik ve fizik parametresidir. Elastisite modülü, bir malzemenin elastik deformasyona direncini ölçer ve malzemenin gerilim altındaki gerinim tepkisini belirlemeye yardımcı olur. Young modülü, bir malzemenin çekme veya basınç gerilimi ile normal gerinimi arasındaki ilişkiyi tanımlar^{82,202}.

ı)Poisson Oranı:

Poisson oranı, bir malzemenin elastik özelliklerini tanımlayan bir mühendislik ve fizik parametresidir. Bir malzemeye uygulanan gerilme (stres) altında, bu malzeme boyutlarında bir değişiklik (gerinim) yaşar. Poisson oranı, genellikle ν (nu) ile gösterilir ve uygulanan gerilme sonucu oluşan gerinimler arasındaki ilişkiyi tanımlar^{82,202}.

Poisson oranı, bir malzemenin uzunlamasına gerinimi ile enine gerinimi arasındaki oran olarak tanımlanır.

k)Von Mises Stresi:

Von Mises stresi, mühendislik ve malzeme bilimi alanlarında kullanılan bir stres (gerilim) ölçüsüdür. Von Mises stresi, özellikle malzeme ve yapıların plastik deformasyon ve akma sınırına ulaşma durumlarını tahmin etmek için kullanılır. Von Mises stres kriteri, akma kriteri olarak da bilinir ve malzemelerin mekanik özelliklerini değerlendirmede ve tasarımda önemli bir rol oynar. Gerilim durumunu tek bir değerle ifade eder ve malzemenin akma sınırıyla karşılaştırılabilir. Bu değer, malzemenin akma sınırından büyük olduğunda, malzemenin plastik deformasyon yaşayacağı ve kalıcı

olarak şekil değiştireceği düşünülür. Von Mises stresi, malzemelerin güvenli çalışma sınırlarını belirlemek ve mühendislik tasarımlarında yapıların dayanıklılığını değerlendirmek için kullanılır^{82,198,202}.

1)Principal Stresler:

Minimum ve maksimum principal stres yada maksimum ve minimum asal stres üç boyutlu gerilim durumlarında malzeme üzerinde oluşan en düşük ve en yüksek gerilim değerleridir. Bu stresler, malzeme üzerindeki gerilimin ana bileşenleri olarak kabul edilir ve gerilim analizi için önemlidir. Bu stresler, herhangi bir kesme geriliminin olmadığı, yani sadece normal gerilimlerin bulunduğu eksenler üzerinde etki eder.

Minimum ve maksimum asal streslerin belirlenmesi, bir yapı veya malzeme üzerindeki gerilim durumunu anlamaya yardımcı olur. Bu değerler, malzeme ve yapıların dayanıklılığını ve güvenli çalışma sınırlarını değerlendirmek için kullanılabilir. Minimum ve maksimum asal stresler, gerilim tensörünün özdeğerlerinden elde edilebilir^{82,198,202}.

2.2.1.2. Temporomandibuler eklemin Sonlu eleman analizi Yöntemi ile Analizi

Temporomandibuler eklem (TME), insan çenesinin alt ve üst parçalarını birleştiren karmaşık bir yapıdır. TME'nin düzgün işleyişi, konuşma, çiğneme ve yüz ifadeleri gibi günlük yaşamın önemli yönlerini etkiler. TME bozuklukları ve disfonksiyonları, ağrı ve hareket kısıtlılığına neden olarak yaşam kalitesini azaltabilir. SEA yöntemi,TME'nin mekanik özelliklerini, dayanıklılığını ve stres dağılımını incelemek için kullanılabilir. SEA, TME'nin geometrisini ve malzeme özelliklerini dikkate alarak, çiğneme ve diğer işlevler sırasında ekleme uygulanan yükler ve gerilimlerin analizine olanak tanır^{68,82,198,202}.

Mandibulaya ait ilk üç boyutlu model Gupta ve ark.²⁰³ tarafından 1973 yılında oluşturulmuştur. 1984 senesinde kadavralardan alınmış BT ve TME'nin bütün komponentlerinin; mandibular fossa, mandibular kondilve eklem diskinin görüntüleri elde edilmiştir.1986 yılında semptomları olmayan üç kişi ve iki kadavradan BT görüntüsü almışlardır. Oluşturulan görüntülerde TME'nin kemiksel yapılarını net bir şekilde izlenmiştir. Çiğneme sistemine ait kasların origo ve insertiyolarını ile hareket yönlerini MRG'den tespit etmişlerdir. EMG yardımıyla bu kaslara ait kasılma kuvvetleri ile yönleri belirlenerek, bir kadavradan da oluşturulan 3 boyutlu sonlu eleman modelinde bu kasların

adapte edilmesiyle modelleri net bir şekilde tamamlamışlardır. Yapılan bu çalışma TME'nin SEA ile incelenmesiyle ilgili temelleri oluşturmuştur.^{82,202}



3.MATERYAL VE METOT

Çalışmamız, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı ile Aytasarım Ltd. Şti. işbirliğinde gerçekleştirilmiş olup, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Klinik Araştırma ve Etik Kurul tarafından onay almış (OMUKAEK No:2021/312) (Ek1) ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi'nin Bilimsel Araştırma Proje fonu(1904-C) ile desteklenmiştir (Proje No:PYO. DIS.1904. 21.010)(Ek2). Çalışmamızda çene ve yüz ağrısı şikayetiyle (2021 yılı) Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı kliniğine başvuran 26 yaşında kadın hasta dâhil edilmiştir. Araştırmaya katılan hasta, çalışma ile ilgili bilgilendirilip, gönüllü katılım ve bilgilendirme formu doldurması sağlanmıştır. Hasta kendi rızası alınarak çalışmaya dahil edilip ve istemediği takdirde çalışma sürecindeki herhangi bir aşamada araştırmadan çıkabileceği konusunda bilgilendirilmiştir(Ek3). İntraoral ve ekstraoral muayenesi yapılan herhangi bir dental problemi, sistemik hastalığı, eşlik eden herhangi bir eklem hastalığı, ciddi psikolojik rahatsızlığı olmayan, daha önce eklem tedavisi görmemiş kadın hasta çalışmamıza dâhil edilmiştir. Hastaya yapılan ekstraoral muayenede temporomandibular eklem bölgesi ve çiğneme kasları kontrol edilmiştir. Muayenede DC/TMD'ye ait eksen 1 ve eksen 2 formları kullanılmıştır⁷⁹(Ek4). Klinik muayene palpasyon, inspeksiyon ve oskültasyon ile gerçekleştirilmiştir. Çiğneme kaslarına ait hassasiyet ve ağrı, ağzın açılma hareketinde sınırlılık gibi TMB semptomları gözlemlendiğinden dolayı kasların muayenesi yapılmıştır.

Ağız açılma mesafesinin en yüksek değere ulaştığı noktadayken, alt ve üst kesici dişlerin insizal kenarları arasındaki mesafe 33 mm olarak ölçülmüş ve DC/TMD formlarına eklenmiştir. Hasta sınıf 1 dental ilişkiye sahiptir⁷⁷. Deneyim sahibi oral ve maksillofasiyal cerrahi uzmanı tarafından kasların muayeneleri ise Okeson¹⁶³ tarafından önerilen biçimde; ağrı oluşturacak kadar basınç yapmadan, parmaklar ile yakın kas grupları ufak, yuvarlak hareketler ile sıkıştırılıp, palpasyon uygulanmıştır. Eklem bölgesinin doğrudan muayenesi parmak uçlarının eklem üstüne konmasıyla, ağzın açma ve kapama hareketi esnasında sağ ve sol kondilin baş kısımları arasında olması gereken denge kontrol edilmiştir. Arka bölgelerin palpasyonu, küçük parmak uçlarının dış kulak yolundan içeriye doğru yerleştirilmesiyle nazik bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Hastada çift taraflı olarak açma ve kapama esnasında klik sesi alınmıştır. Resiprokal klik erken dönemde alınmaktadır. Bundan dolayı prognozun kötü olmadığını düşünmekteyiz.

Hastanın bruksizmi de mevcuttur. Tüm çiğneme kaslarının ağırlı olduğu tespit edilmiştir. Bunun RADD' den kaynaklı değil bruksizmden dolayı olduğunu düşünmekteyiz. Muayenede hasta ağzını açmaya zorlandığında ağız ağırlı olarak açılabilmektedir^{77,146,163}. Bu bulgular sonucunda ağız açıklığındaki kısıtlılığında kasların hassasiyetinden dolayı oluştuğu söylenebilir. Ağzın açılması esnasında deviasyon tespit edilmiştir. Lateral hareketlerde hafif kısıtlılık mevcuttur. Tüm bu belirtiler ışığında hastadan RADD ön tanısı ile MRG istenmiştir. MRG ve panoramik film sonucunda DC/TMD sınıflaması kriterlerine göre RADD tanısı doğrulanmıştır^{24,52,204}. OSS tedavisi başlanması için hastadan ağız içi alt ve üst çenelerden ölçü ve kapanış kaydı alınmıştır. Kullanılan splintin kalınlığı 3 mm ve sert akrilikten yapılmış olup ve kanin koruyuculu okluzyon kriterlerine göre okluzal uyumlanmıştır^{71,99}.

Hastadan splintle birlikte tekrar MRG alınmıştır ve çalışmada, MR görüntülerine dayalı olarak TME içindeki mekanik ortamın araştırılması amacıyla 3 boyutlu modeller elde edilmiştir. 2 farklı model oluşturulmuştur. İlk modelde eklem diski saat 12 pozisyonunda bulunmaktadır ve ikinci modelde eklem diski anterior konumlu olarak değerlendirilen 18 derece pozisyonunda konumlanmaktadır. 3 boyutlu modellere bilgisayar ortamında kuvvetler uygulanarak analiz yapılmıştır. TME yapıları (disk, kondil başı) üzerinde oluşan stresler incelenmiştir.

3.1. Modellerin elde edilmesi

3.1.1. Çalışmada kullanılan gereçler ve metot

Üç boyutlu ağ yapısının düzenlenmesi ve daha homojen hale getirilmesi, 3 boyutlu katı modelin oluşturulması ve sonlu elemanlar stres analizi işlemi için Intel Xeon ® R CPU 3,30 GHz işlemci, 500gb Hard disk, 14 GB RAM donanımlı ve Windows 7 Ultimate Version Service Pack 1 işletim sistemi olan bilgisayardan, Activity 880 (smart optics Sensortechnik GmbH, Sinterstrasse 8, D-44795 Bochum, Almanya) optik tarayıcısı ile 3 boyutlu taramadan, 3D-doctor (Able software Corp.,USA) ve Rhinoceros 4.0 (3670 Woodland Park Ave N, Seattle, WA 98103 USA) 3 boyutlu modelleme yazılımından, VRMesh Studio (VirtualGrid Inc, Bellevue City, WA, USA) ve Algor Fempro (ALGOR, Inc. 150 Beta Drive Pittsburgh, PA 15238-2932 USA) analiz programından yararlanılmıştır. Dokularının modellenmesi için, öncelikle bir hastanın ağız içerisinde splint takılı iken ve ağız içerisinde splint takılı değil iken iki ayrı MRG çekilmiştir.

Çekilen kesitlerde TME yapıları; plağın konumu ve kalınlığı detaylı olarak incelenmiştir^{68,82,198,202}.

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG), 1,5 Tesla manyetik rezonans cihazında (Signa Excite GE Medical Systems, Milwaukee, Wisconsin) yüzeyel koil kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gradient gücü 120m T/sn di. Temporomandibuler eklem görüntüleri, ağız kapalı pozisyonda FGR, FSE Fat Sat T1, FSE T2 PD sagittal, FRFSE T2 PD koronal, sagittal kullanılarak alınmıştır.

Görüntüleri elde etmek için kullanılan parametreler şu şekildedir; FGR (TR=480, TE=13, kesit kalınlığı=3mm, kesit arası mesafesi=0.5mm, FOV=10x10, NEX= 256x128), FSE Fat Sat T1 (TR=500, TE=12, kesit kalınlığı=3mm, kesit arası mesafesi=0.5mm, FOV=10x10, NEX=288x128), FSE T2 PD (TR= 2400, TE=19, kesit kalınlığı=3mm, kesit arası mesafesi=0.5mm, FOV=10x10, NEX= 256x160). (Şekil 3.1’de gösterilmiştir.)



Şekil 3.1:MRG cihazı

Çekilen filmler, 3d-doctor yazılımına aktarıldı ve burada “Interactive Segmentation” yöntemi ile Hounsfield Değerlerine bakılarak kemik dokusu ayrıştırılmıştır. Bu şekilde mandibula kortikal kemik, spongioz kemik, dişler gerçek morfolojisini yansıtacak biçimde modele taşınmıştır. Yapılan ayrıştırma işleminden sonra

“3d Complex Render” yöntemi ile 3 boyutlu model elde edildi ve bu şekilde sert dokular modellenmiştir.

Modellenen kortikal kemikte kondiller ve üst çene arasında kalan bölgede Rhinoceros yazılımı kullanılarak disk oluşturulmuştur. Boolean yöntemi ile 3 boyutlu modellerin birbirleriyle uyumlandırılması ve alt ve üst çeneler arasında kuvvet aktarımı sağlanmıştır. Bu şekilde maksilla ve mandibula, temporomandibuler eklem diski, temporomandibular eklem ve üst parçaları ve sabitleme vidaları gerçek morfolojisini yansıtacak biçimde modele taşınmıştır. Yapılan modellemeler Rhinoceros yazılımında 3 boyutlu uzayda doğru koordinatlara yerleştirildi ve MR Görüntülemeye incelenen 3 mm kalınlığındaki plak dişler üzerine modellenmiştir. Bu şekilde modeller tamamlanmıştır. 2 farklı model oluşturulmuştur.

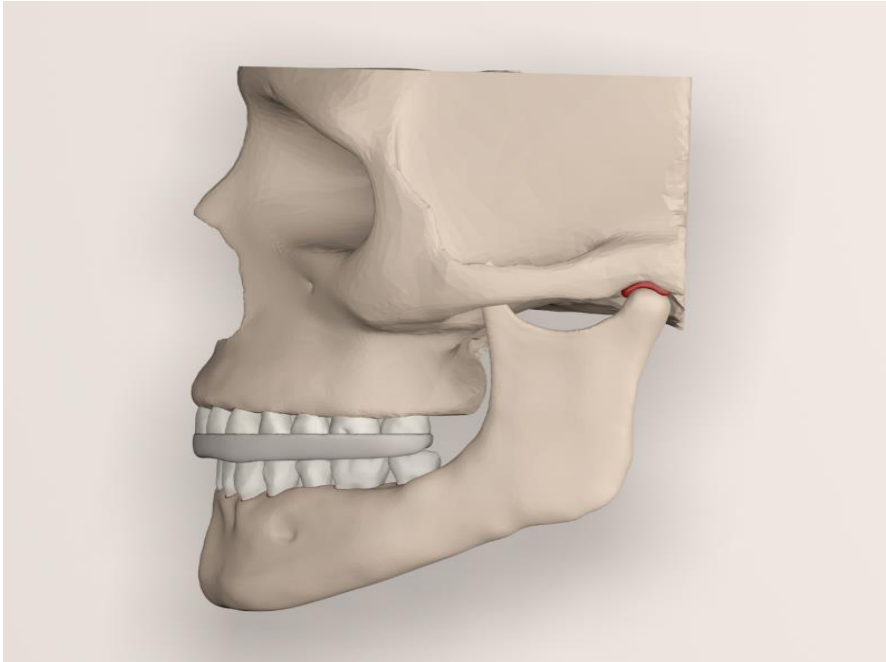
1.model: Disk anatomik konumda ve OSS ağız içersinde takılı model (Şekil 3.2 3.3, 3.4’de gösterilmiştir.)

2.model: Disk anterior konumda, OSS ağız içersinde takılı model(Şekil 3.5, 3.6, 3.7 ve 3.8’de gösterilmiştir.)

1. Model 1 disk anatomik konumda ve OSS ağız içerisinde takılı model



Şekil 3.2: Temporomandibular eklem diski anatomik konumda bulunan modelin önden görünüşü

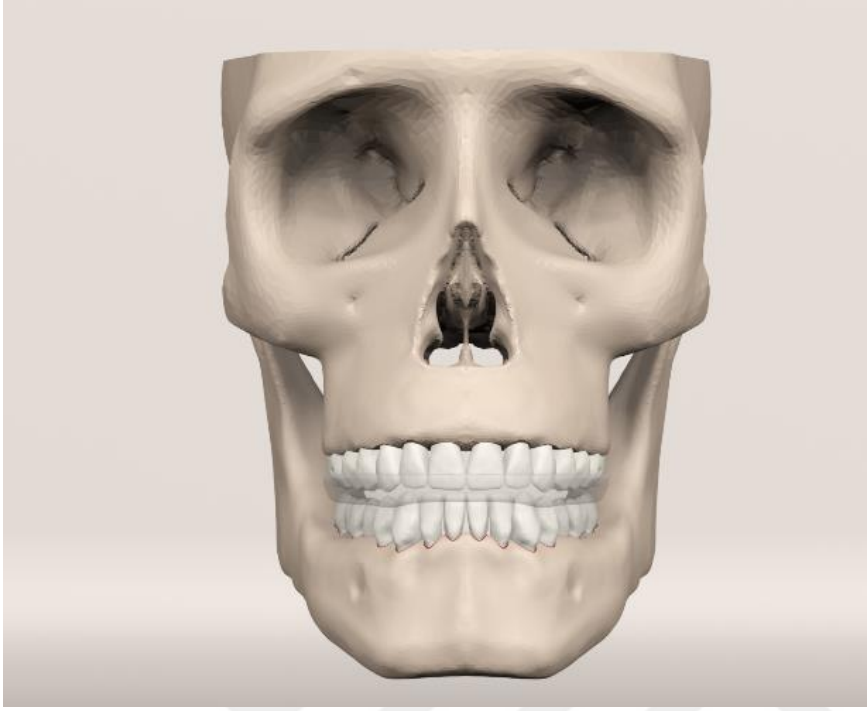


Şekil 3.3: Temporomandibular eklem diski anatomik konumda bulunan modelin lateralinden görünüşü

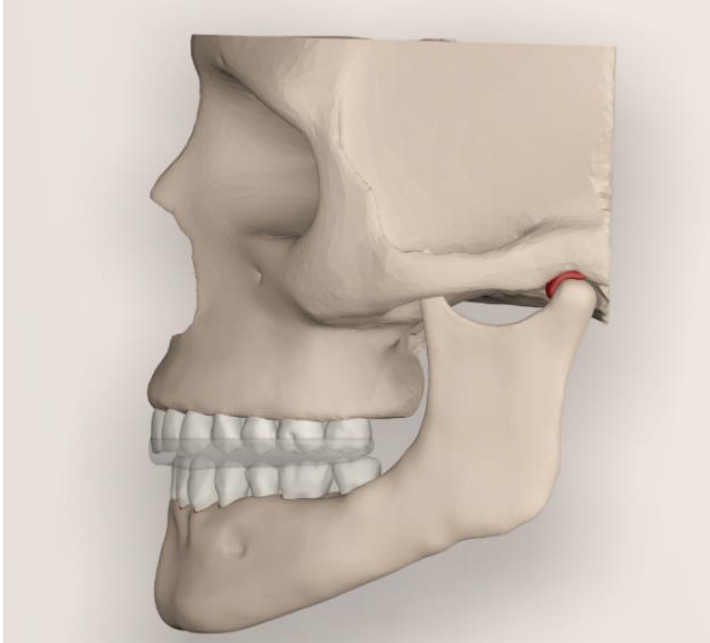


Şekil 3.4: Temporomandibular eklem diski anatomik konumda diskin lateralden görünüşü

2. Model 2 disk anterior konumda ve OSS ağız içerisinde takılı model



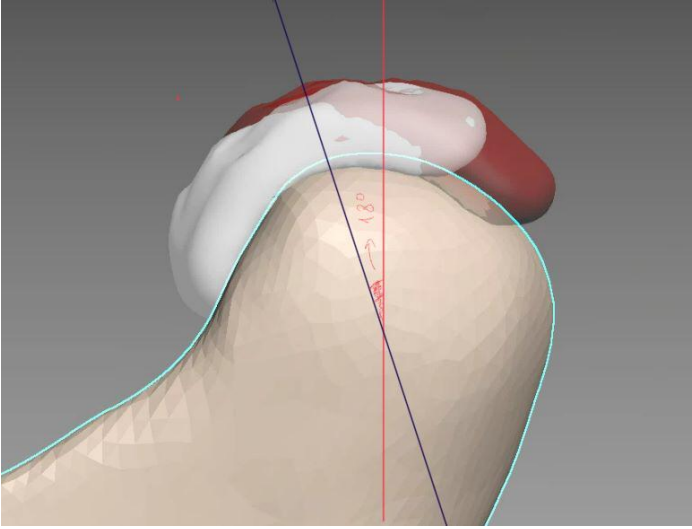
Şekil 3.5: Temporomandibular eklem diski anterior konumda bulunan modelin önden görünüşü



Şekil 3.6: Temporomandibular eklem diski anterior konumda bulunan modelin lateralden görünüşü



Şekil 3.7: Temporomandibular eklem diski anterior konumu lateral görüntüsü



Şekil 3.8: Eklem diskinin 18 derece anteriora konumlanması

a)Geometrik modellerin oluşturulması

VR Mesh yardımı ile geometrik modeller oluşturulmuştur. Modeller, VRMesh yazılımı ile geometrik olarak oluşturulduktan sonra analize hazır hale getirilmeleri ve analizlerinin yapılması için, stl formatında Algor Fempro (Algor Inc., USA) yazılımına aktarılmıştır. .stl formatı 3d modelleme programları için evrensel değer taşımaktadır. Stl formatında düğümlerin koordinat bilgileri de saklanması sayesinde programlar arasında aktarım yapılırken bilgi kaybı olmamaktadır.

Bilgisayara yüklü modelin üç boyutlu yapısının hissedilebildiği manuel kısmının yardımıyla yüzeydeki pürüzler ve mm boyutundaki delikler kapatılarak esas kafatasının özellikleri modele yansıtılmıştır. Analiz temporomandibular eklem bölgesinde yapılacağından, gerekli olmayan bölgeler silinmiştir.

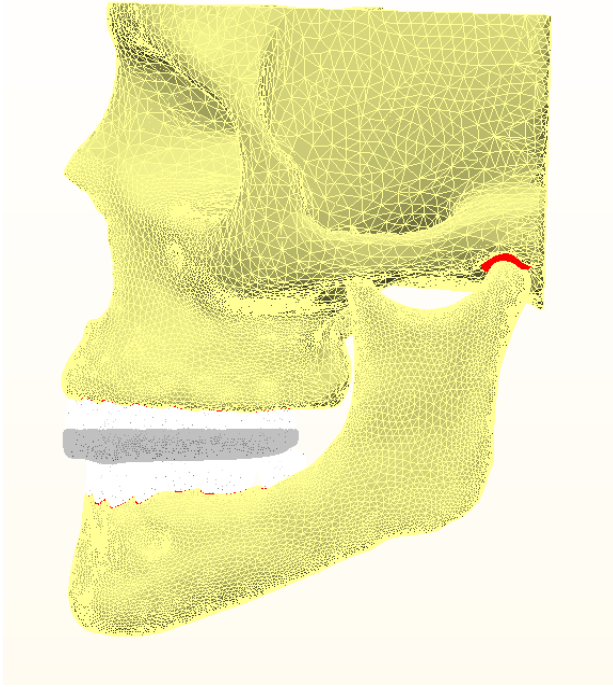
1.Modelin VR Mesh ile oluşturulan geometrik görüntüsü



Şekil 3.9. 1.Modelin VR Mesh ile oluşturulan geometrik görüntüsü önden görünüş

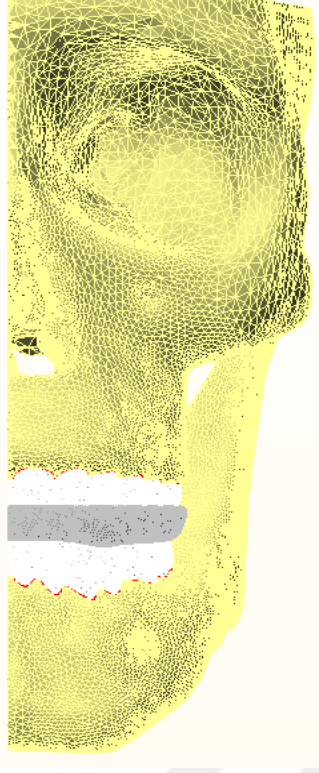


Şekil 3.10. 1.Modelin VR Mesh ile oluşturulan geometrik görüntüsü içten görünüş



Şekil 3.11. 1.Modelin VR Mesh ile oluşturulan geometrik görüntüsü yandan görünüş

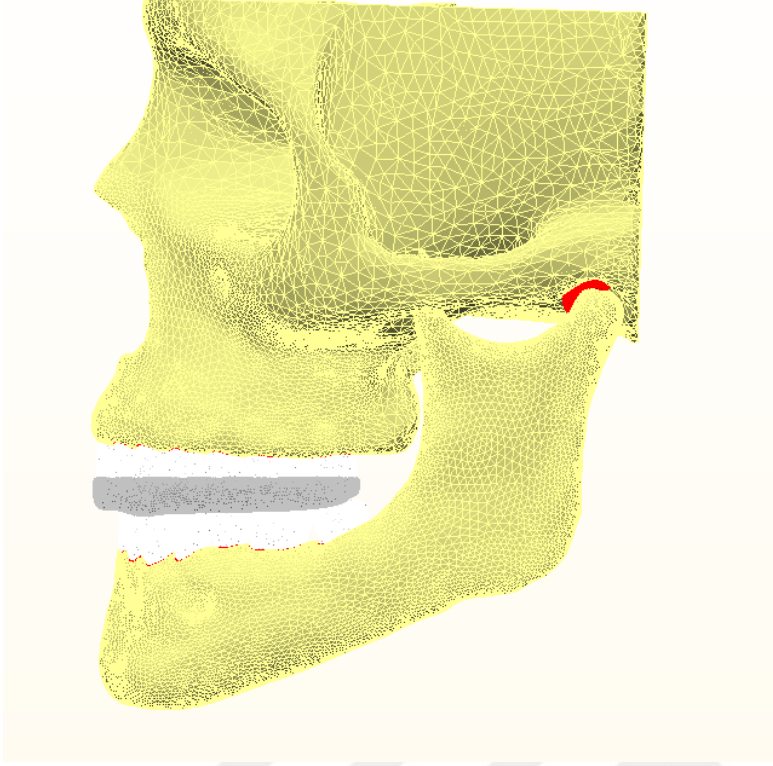
2.Modelin VR Mesh ile oluşturulan geometrik görüntüsü



Şekil 3.12. 2.Modelin VR Mesh ile oluşturulan geometrik görüntüsü  nden görünüş



Şekil 3.13. 2.Modelin VR Mesh ile oluşturulan geometrik görüntüsü içten görünüş



Şekil 3.14. 2.Modelin VR Mesh ile oluşturulan geometrik görüntüsü yandan görünüş

b) Geometrik modelden Matematiksel Modelin Oluşturulması

Geometrik modellerin oluşturulmasını takiben tüm modellerin matematiksel modelleme safhasına geçildi. Matematisel modellemede kemik ve splint modellerine poisson oranı ve elastisite modülü özelliklerini vermeden önce eleman tipi ile çözüm ağı şekli ve yoğunluğu belirlenmiştir.

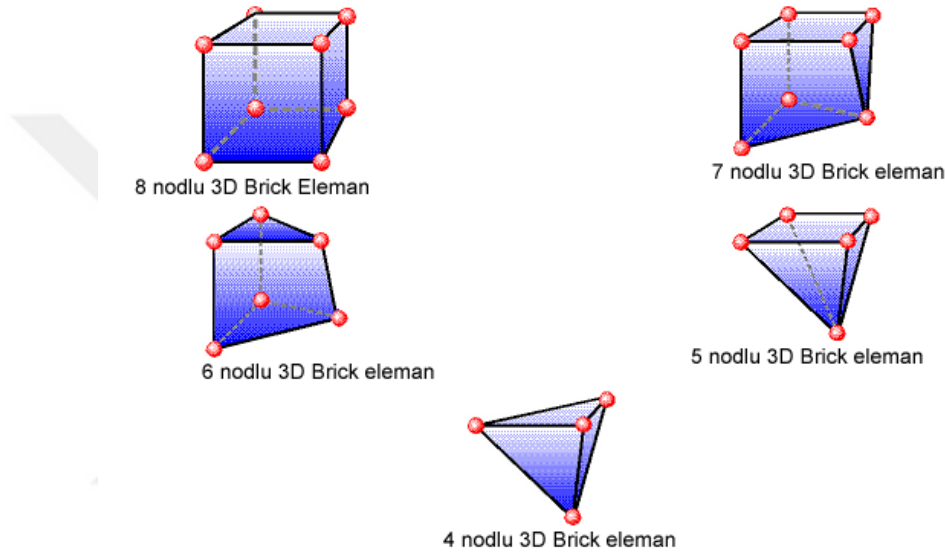
c)Geometrik modelden Matematiksel Modelin Oluşturulması

Geometrik modellerin oluşturulmasını takiben tüm modellerin matematiksel modelleme safhasına geçildi. Matematisel modellemede kemik ve splint modellerine poisson oranı ve elastisite modülü özelliklerini vermeden önce eleman tipi ile çözüm ağı şekli ve yoğunluğu belirlenmiştir.

Meshleme işleminde, modeller mümkün olabildiğince 8 düğüm noktalı (brick tipi) elemanlardan oluşturulmuştur. Modellerdeki yapıların merkezine yakın bölgelerde gerektiğinde yapının tamamlanabilmesi için daha az düğüm noktalı elemanlar kullanılmıştır. Bu modelleme tekniği sayesinde hesaplamayı kolaylaştırmak üzere

mümkün olan en yüksek düğüm noktalı elemanlar ile en yüksek kalitede ağ yapısı oluşturulmasına çalışılmıştır. (Şekil 3.15’de gösterilmiştir.)

Burada modeller Bricks ve Tetrahedra elemanlar şeklinde katı modele çevrildi. Bricks ve Tetrahedra katı modelleme sisteminde, Fempro modelde oluşturabildiği kadar 8 nodlu elemanlar kullanır. 8 nodlu elemanların gerekli detaya ulaşamadığı durumlarda 7 nodlu, 6 nodlu, 5 nodlu ve 4 nodlu elemanlar kullanılır^{68,82,198,202}.



Şekil 3.15: SEA nodlarının şematize görüntüsü

Çalışmanın gerçekçi sonuçlar vermesi için programın el verdiği ölçüde, seçtiğimiz çene kemiğinin modelinin boyutlarını göz önüne alarak mümkün olduğunca fazla eleman sayısı seçilmiştir. Ancak eleman sayısı ve düğüm nokta sayısı arttıkça çözüm süreleri çok artmakta ve hatta çözümü imkansız hale gelebilmektedir. Ayrıca tecrübeler göstermektedir ki belli bir eleman boyutundan sonra sonuçların değişimi çok küçük derecelerde kalmaktadır. Bu sebeple bu çalışmada ilgi alanı dışında kalan bölgelerde büyük elemanlar, kritik olduğu düşünülen ve incelenen bölgelerde küçük elemanlar kullanılmıştır.

Matematiksel modellerde kullanılan eleman ve düğüm sayıları aşağıda verilmiştir: (Tablo 3.1’de gösterilmiştir.)

	Artiküler disk anterior konumda iken	Artiküler disk anatomik konumda iken
Nodların Sayısı	322264	321697
Element Sayısı	1564609	1562369

Tablo 3.1: Matematiksel modellerde kullanılan eleman ve düğüm sayıları

Algor yazılımı ile uyumlu hale getirildikten sonra oluşturulan modelin maksillaya ait olduğunu, diş yapılarının hangi materyalden yapıldığını yazılıma tanıtmak gerekmektedir.

d) Matematiksel Modellere Malzeme Ve Kemik Özelliklerinin Verilmesi

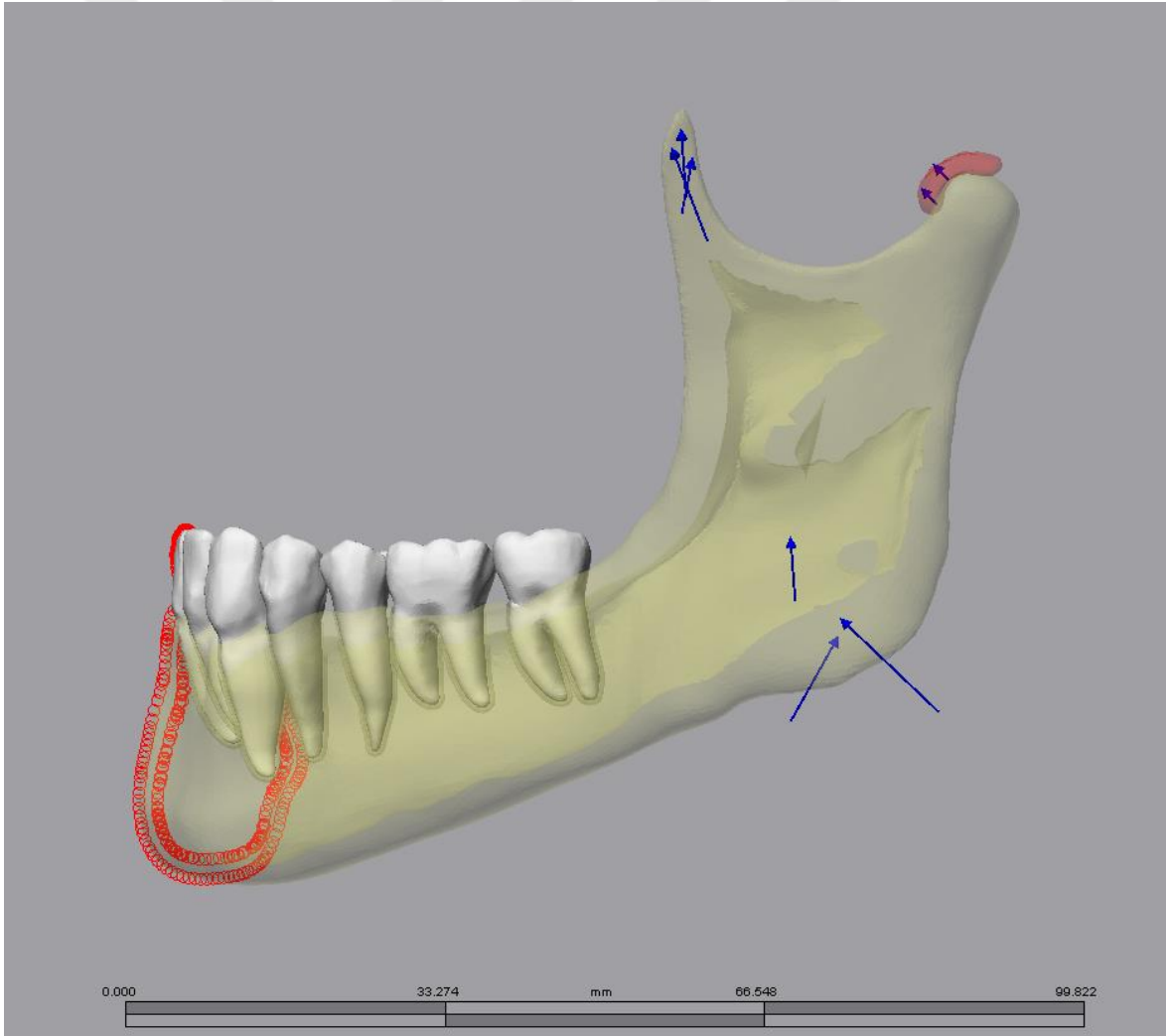
Modeller oluşturulduktan sonra yapıların hepsine ayrı ayrı, fiziksel özelliklerinin program tarafından anlaşılabilmesi için tanımlayıcı materyal (Poisson oranı ve elastiklik modülü) özellikleri belirlenmiştir. Fiziksel özellikleri belirten materyal (Poisson oranı ve elastiklik modülü) değerleri aşağıdaki gibi belirtilmiştir^{68,82,198,202}.(Tablo 3.2’de gösterilmiştir.)

Tablo 3.2: Materyallerin fiziksel özellikleri

	Young’s Modülü(mPA)	Poisson Oranı
Artiküler disk	44,1	0,35
Kortikal kemik	13700	0,3
Dişler(Mine tabakası)	20000	0,3
Periodotal Ligament	0,68	0,45
Kıkırdak Doku	1370	0,3
Akrilik Rezin Splint	4500	0,4

3.1.2. Matematiksel Modellere Sınır Şartları Verilerek Kuvvetlerin Uygulanması

Model çene kemiğinin alt ve arka kısmından her DOF (Degree of freedom)'da 0 harekete sahip olacak şekilde sabitlenmiştir. Yaptıkları çalışmada Murakami ve arkadaşları ²⁰⁵eklem diskinin anteriora yer değiştirmiş olduğu (redüksiyonlu disk deplasmanı) hastalarında okluzal apareylerinin eklem diski ve kondilde sebep olduğu hareket değişim miktarlarını araştırmışlar, hastaların ağızında okluzal aparey var ve yok ikensonrasında ise diş sıkma sırasında alınan MR görüntüleri karşılaştırılarak veriler elde edilmiştir. (Şekil 3.16'da gösterilmiştir.) Bu çalışma referans alınarak bizim çalışmamızda diş sıkma (yükleme koşulları altında) esnasında 3 mm dikey kalınlığa sahip okluzal splint kullanılırken diş sıkma ile kas kuvvetleri uygulanmıştır.

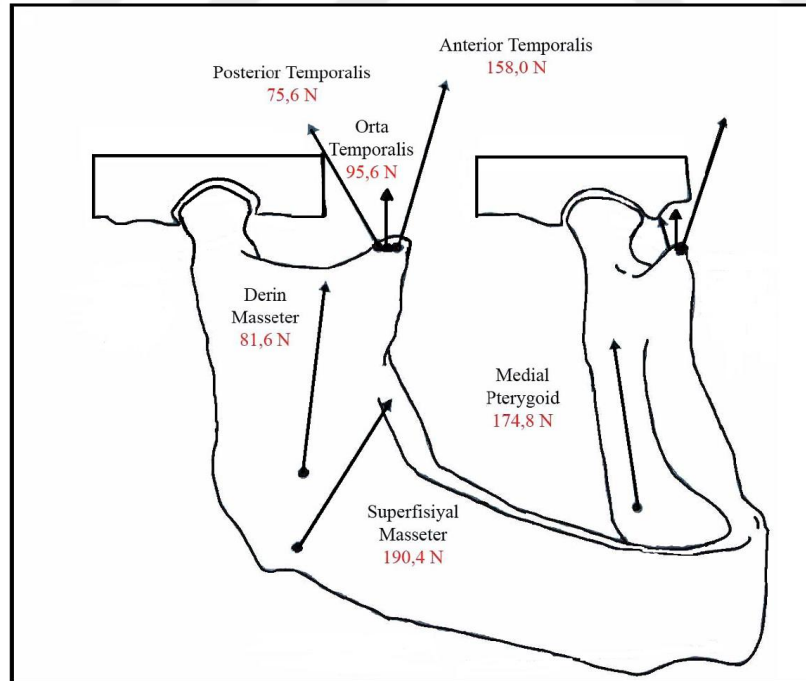


Şekil 3.16: SEA'de kuvvet uygulama noktaları

Çene kaslarıyla alt çeneyi bastıran kuvvetler ve kuvvet bileşenleri daha önce yapılmış çalışmalarda belirlenmiş değerler esas alınarak tablodaki gibi uygulanmıştır. (Tablo 3.3’de gösterilmiştir.) Modellere kuvvetler ve uygulama noktaları şekil 3.17’de gösterilmektedir^{68,82,198,202}.

Tablo 3.3 : Modellere uygulanan kas kuvvetleri

Kaslar	Kuvvet faktörü(N)
Derin Masseter	81.6
Superficial Masseter	190.4
Medial Pterygoid	174.8
Anterior Temporalis	158.0
Middle Temporalis	95.6
Posterior Temporalis	75.6
Superior Lateral Pterygoid	28.7
Inferior Lateral Pterygoid	66.9



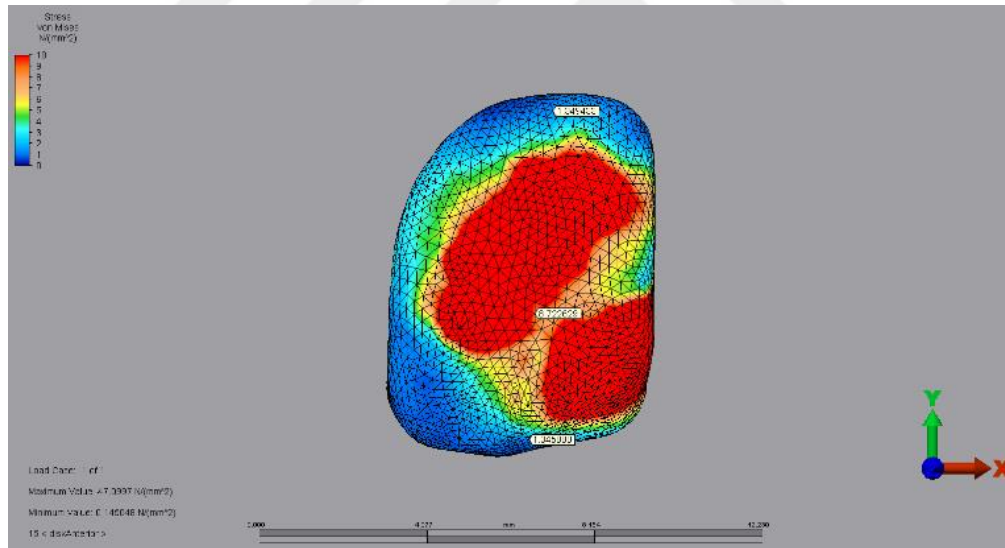
Şekil 3.17: Modellerde kas kuvvetlerinin uygulama noktaları şematik görüntüsü

Hazırlanan üç boyutlu katı modellere anatomik kas yapışıklık noktalarından ilgili çene kapatıcı kuvvetler uygulanmıştır. 2 farklı tasarımda, yükleme koşulunda toplam 2 adet sonlu elemanlar analizi gerçekleştirilmiştir.

Model 1: Disk anatomik konumda ve OSS ağız içerisinde takılı model analizi dişlerin temas eden toplam yüzey alanı 24.3 mm^2 'dir.

Model 2: Disk anterior konumda, OSS ağız içerisinde takılı model analizi dişlerin toplam temas yüzey alanı 24.3 mm^2 'dir.

Modellere uygulanan kuvvetler sonucunda TME komponentlerinde (artiküler disk, kondil başı) gelişen stresler, grafikler ve renk skalası ile kaydedilmiştir. Sonuç verilerinin kolay anlaşılabilmesi amacıyla bazı alanlarda meydana gelen minimum ile maksimum asal gerilme değerleri gösterilmiştir. TME komponentleri üzerinde oluşan minimum ve maksimum asal gerilme değerleri elde edilmiştir. Gerilmelerin değerleri renklendirmelerle betimlenmiştir.



Şekil 3.18: Renklendirme yöntemi

Görüntülerdeki renk farklılığı değer aralıkları sonucunda oluşmuştur. (Şekil 3.18'de gösterilmiştir.) Değer aralıklarını gösteren renk skalası, görüntülerin sol üst kısımlarına eklenmiştir. Koyu kırmızı renkten maviye doğru ilerlendikçe gerilme değerlerinde azalma olmaktadır. Asal değerlerin yanı sıra, disk üzerinde meydana gelen Von Mises stresleri de incelemeye alınmıştır.

4.BULGULAR

Çalışma sonucunun detaylı bilgileri içermesi amacıyla, kemik yapılar da meydana gelen maksimum ve minimum asal gerilimler (Maksimum ve Minimum Principle Stres), eklem diskine ait Von Mises ve Maksimum ve Minimum Asal Gerilimler değerlendirmeye alınmıştır. Modellerin hazırlanmasının ardından yükleme koşulları uygulanmıştır. Von Mises Stresler bir madde üstünde meydana gelen basınç dağılımlarıyla yoğunlaşmalarının hakkında veri elde etmek amaçlı kullanılırlar. Minimum asal gerilmelerin model üzerinde basma tipindeki gerilmeleri göstermektedir. Maksimum asal gerilmelerse model üzerine oluşan çekme tipindeki gerilmeleri göstermektedir.

4.1. Model 1

4.1.1. Model 1 Eklem Diski Üst Yüzeyi Von Misses Stresleri

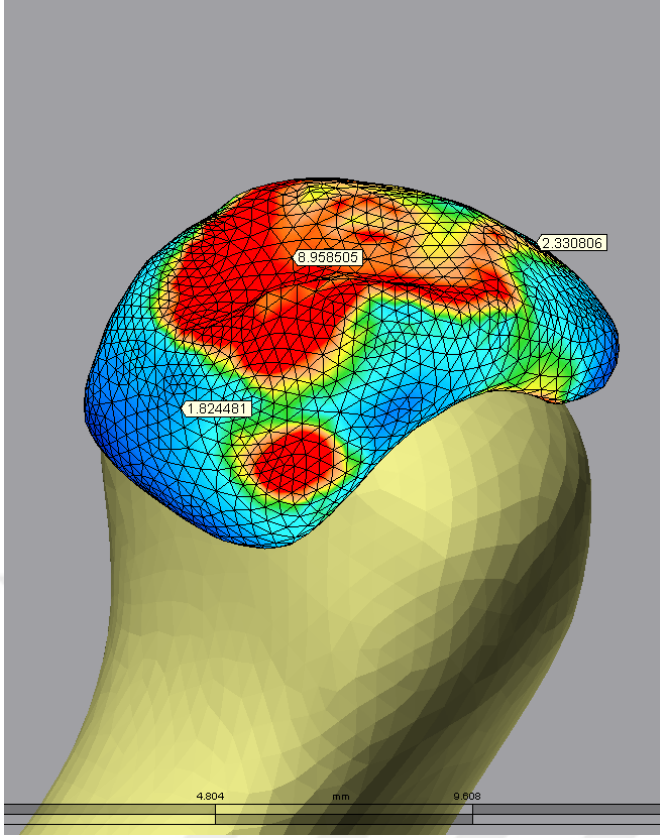
Model 1’de diskin fossa tarafına gelen Von Mises stresleri incelendiğinde, stresin en çok diskin lateralinde, ön ile orta bandı arasında, öne yakın kısmında olduğu izlenmiştir. En yüksek stres değeri 8.95 MPa olarak ölçülmüştür. (Tablo 4.1’de gösterilmiştir.)

Diskin kondile bakan yüzeyine gelen Von Mises stresleri incelendiğinde ise stresin yine en çok diskin lateralinde, ön ile orta bandı arasında öne yakın kısmında olduğu izlenmiştir. En yüksek stres değeri 8.38 MPa olarak ölçülmüştür. Diskin alt ve üst yüzeylerindeki Von Misses Stresler yaklaşık olarak aynı değerlerde olmaları nedeniyle sadece üst yüzeylere ait değerler verilmiştir. (Şekil 4.1 ve 4.2’de gösterilmiştir.)

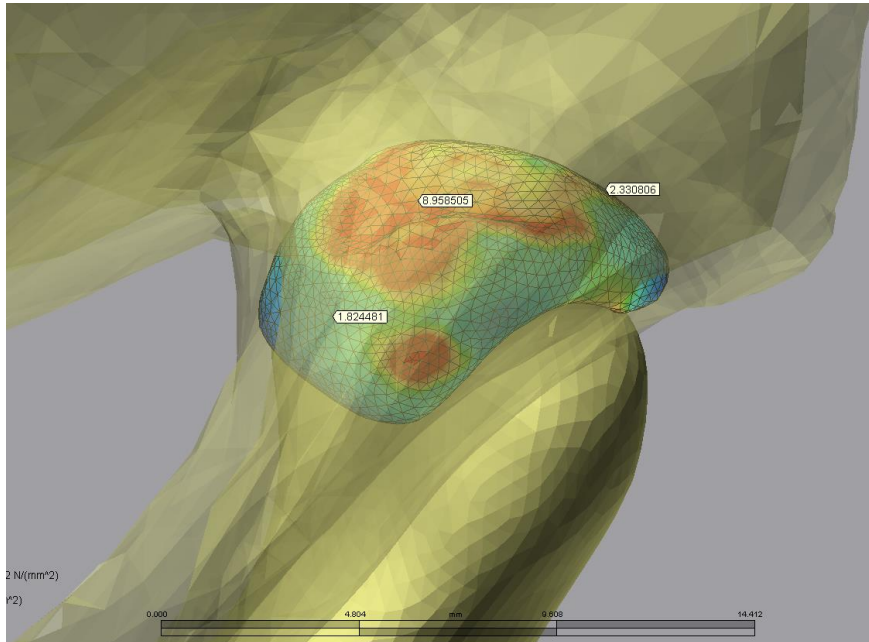
Von Misses Stres

<i>Anterior</i>	1,82
<i>Medial</i>	8,95
<i>Posterior</i>	2,33

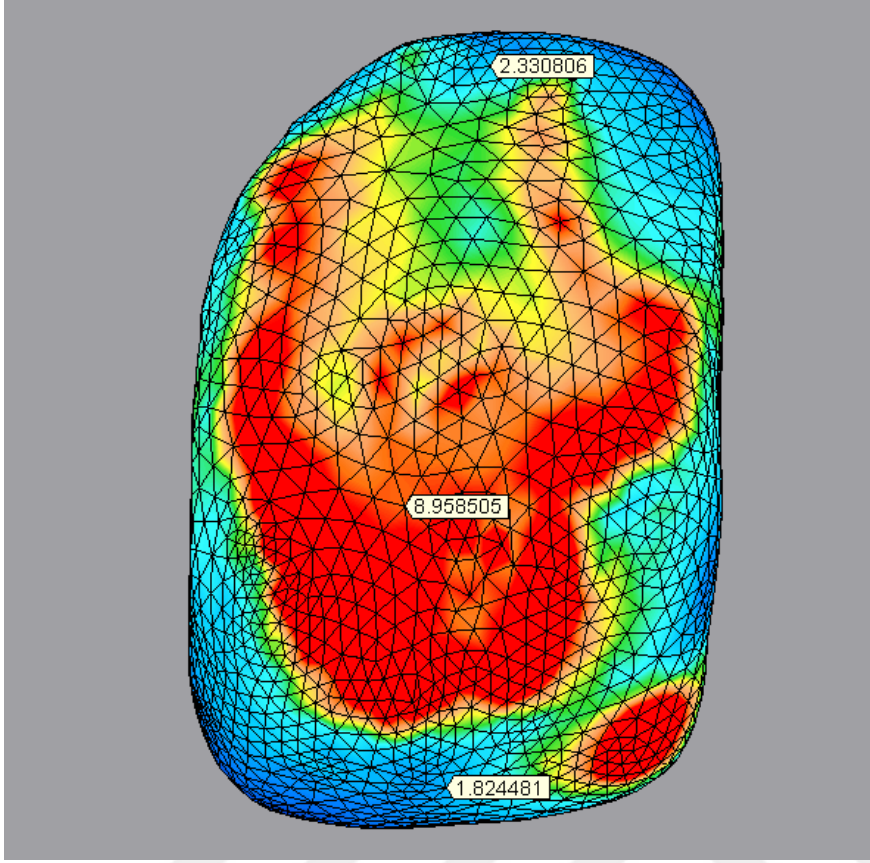
Tablo 4.1: Model 1 eklem diski üst yüzeyi Von Misses Stresleri



Şekil 4.1: Model 1 Von Misses stresleri eklem diski üst yüzeyi



Şekil 4.2: Model 1 Von Misses stresleri eklem diski üst yüzeyi



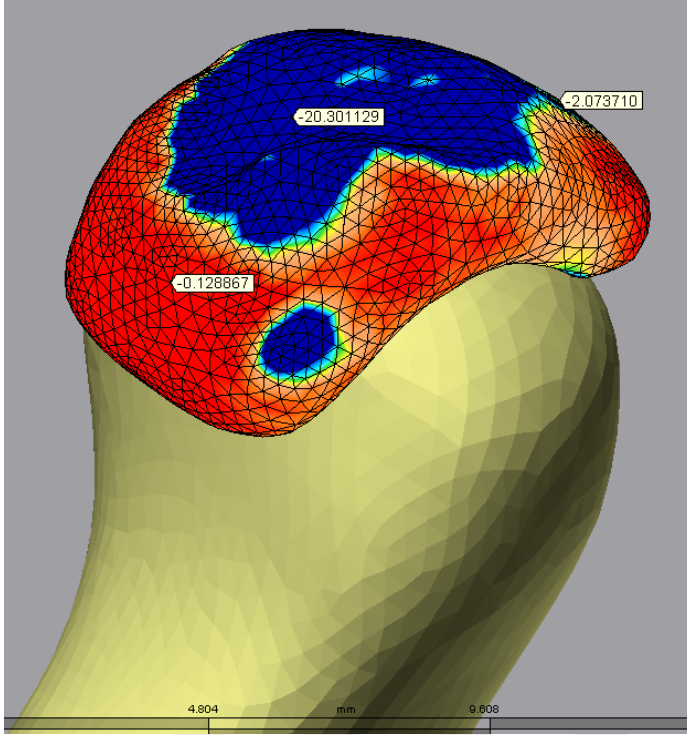
Şekil 4.3 : Model 1 Von Misses Stresleri eklem diski üst yüzeyi

4.1.2. Model 1 Eklem Diski Üst Yüzeyi Minimum ve Maksimum Principle Stresler

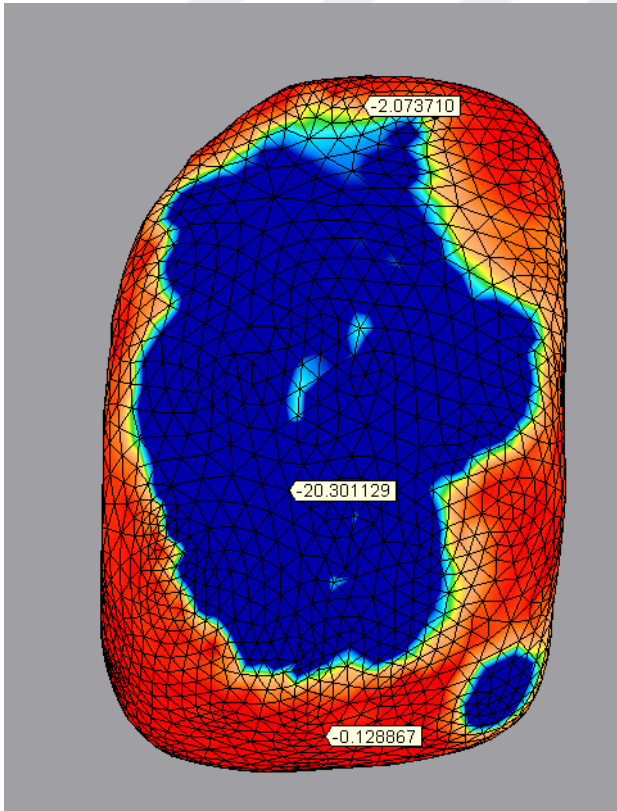
Diskin üst yüzeyine gelen pmax (Maksimum Asal Gerilim), diskin ön ile orta bandının arasında en yüksek 26.52 MPa olarak ölçülmüştür. Diskin üst yüzeyine gelen pmin (minimum asal gerilim) ise diskin ön ile orta bandının arasında en düşük -72.28 MPa olarak ölçülmüştür. (Tablo 4.2’de gösterilmiştir.) (Şekil 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6’da gösterilmiştir.)

	<i>Min princ.</i>	<i>Max princ.</i>
<i>Anterior</i>	-0,12	1,95
<i>Medial</i>	-20,30	-10,95
<i>Posterior</i>	-2,07	0,55

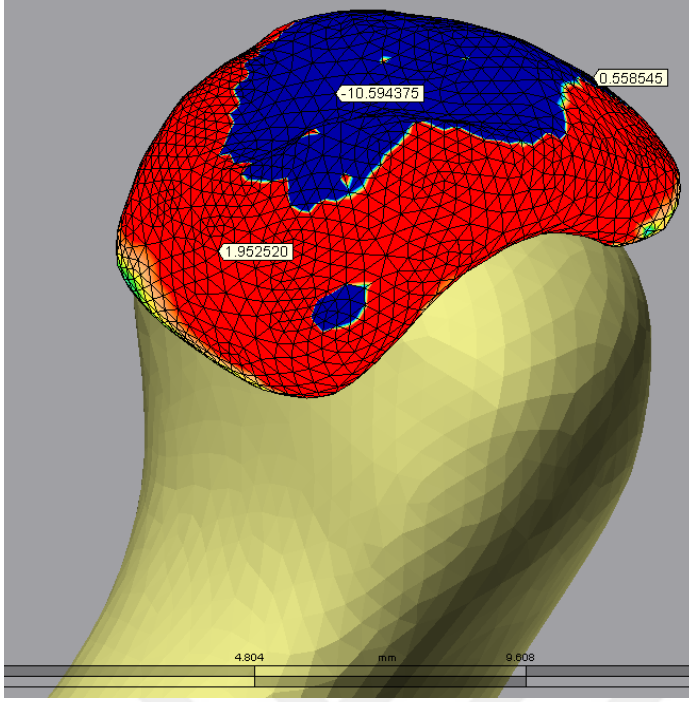
Tablo 4.2: . Model 1 Minimum ve Maksimum Principle Stres eklem diski üst yüzeyi



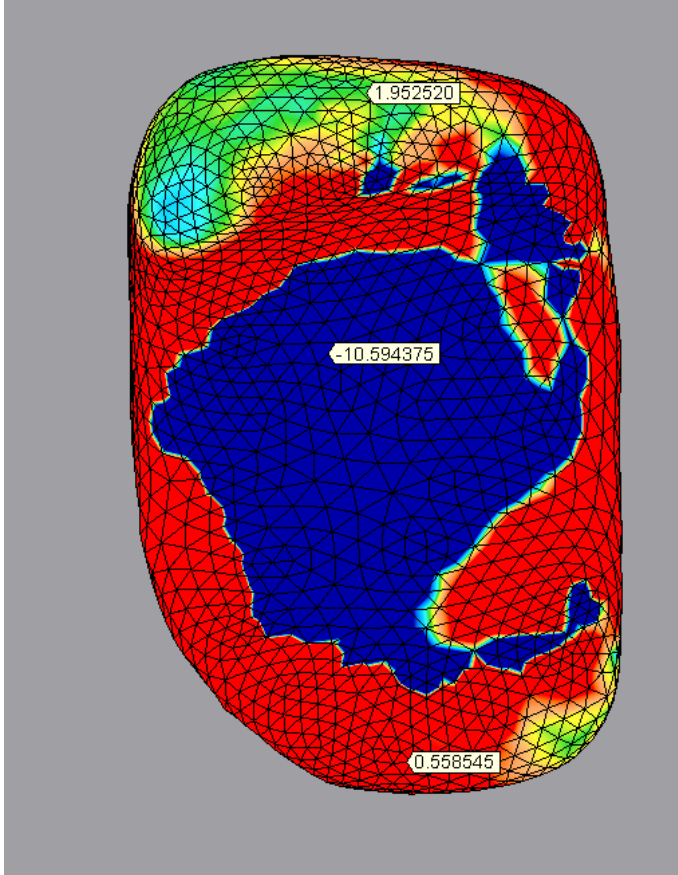
Şekil 4.4.: Model 1 Minimum Principle Stresleri eklem diski üst yüzeyi



Şekil 4.5.: Model 1 Minimum Principle Stresleri eklem diski üst yüzeyi



Şekil 4.6.: Model 1 Maksimum Principle Stresleri eklem diski üst yüzeyi



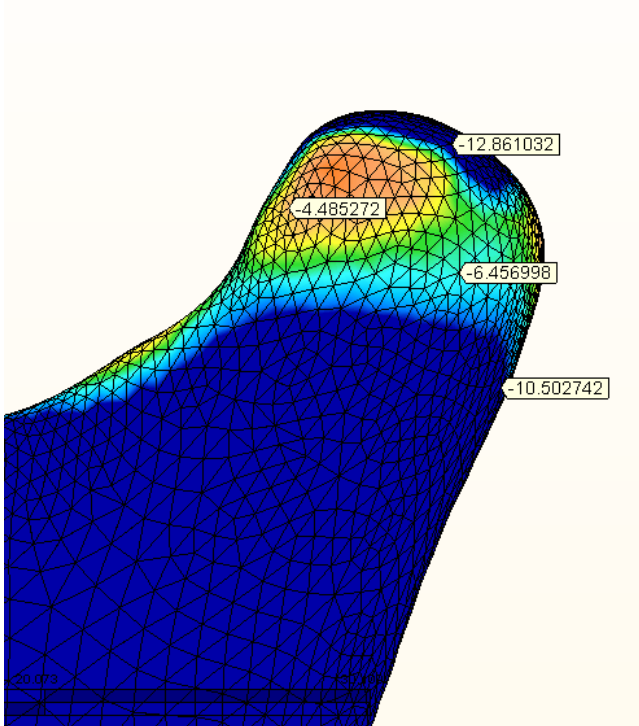
Şekil 4.7.: Model 1 Maksimum Principle Stersleri eklem diski üst yüzeyi

4.1.3. Model1 Kondil Başı Maksimum Minimum Principle Stresler

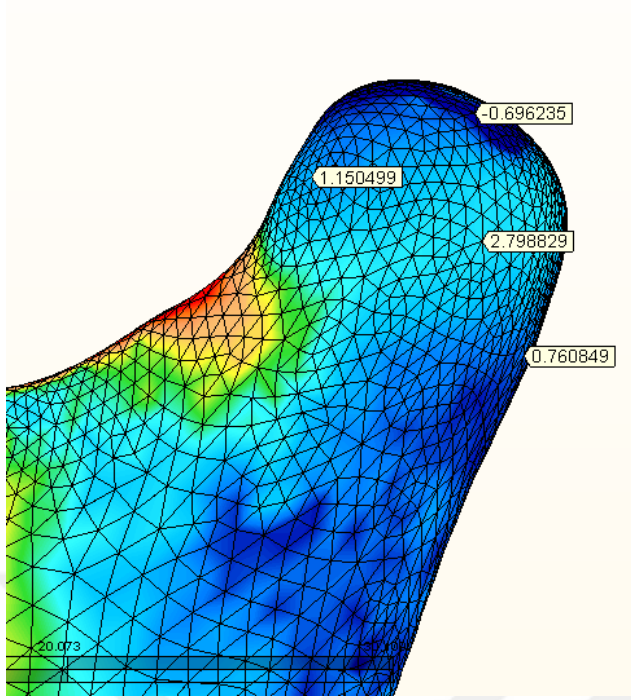
Kondil başına gelen maksimum ve minimum asal gerilimler incelendiğinde stresin en çok kondil başının ön eğiminin lateral kısmında, diskin ön ile orta bandı arasına gelen kısımda yoğunlaştığı izlenmiştir. Kondil başında en yüksek stres değeri 38.37 MPa'dır.

	<i>Min. Princ.</i>	<i>Max. Princ.</i>
<i>Anterior</i>	-4,48	1,15
<i>Posterior</i>	-10,50	0,76
<i>Lateral</i>	-6,45	2,79
<i>TEPE NOKTASI</i>	-12,86	-0,69

Tablo 4.3: Model 1 Maksimum Minimum Principle Stresler kondil başı



Şekil 4.8.: Model 1 kondil başı Minimum Principle Stres



Şekil 4.9.:Model 1 kondil başı Maksimum Principle Stres

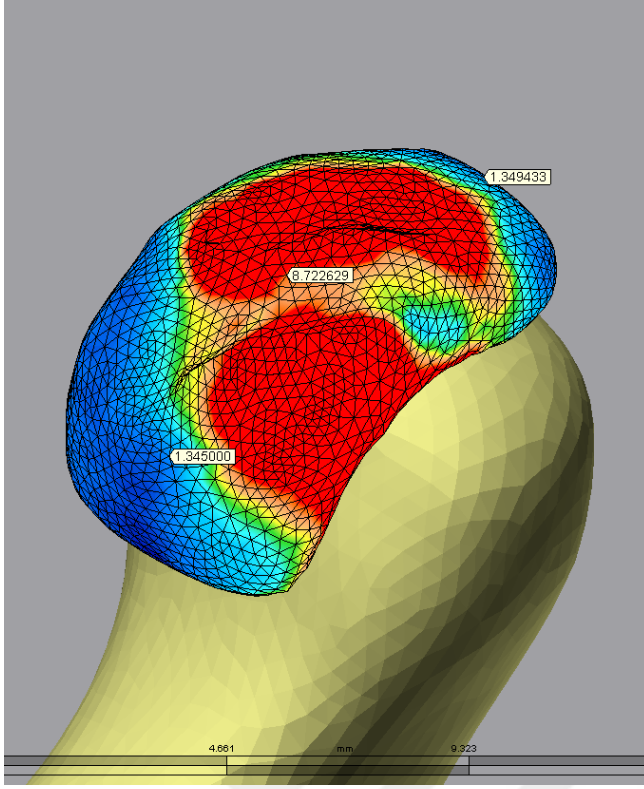
4.2.Model 2

4.2.1. Model 2 Eklem Diski Üst Yüzeyi Von Misses Stresleri

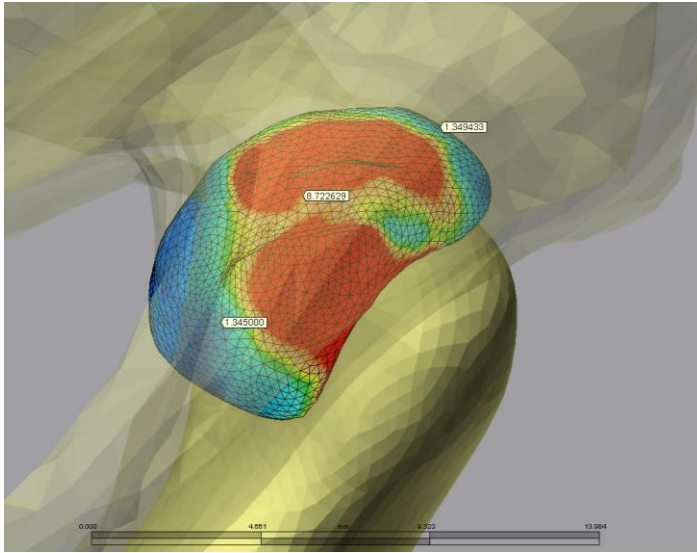
Model 2’de diskin fossa tarafına gelen Von Mises Stresleri incelendiğinde, stresin en çok diskin lateralinde, ön ile orta bandı arasında, öne yakın kısmında olduğu izlenmiştir. En yüksek stres değeri 9.95 MPa olarak ölçülmüştür. (Tablo 4.4’te gösterilmiştir.) (Şekil 4.10, 4.11, 4.12’de gösterilmiştir.)

Von Misses	
Anterior	1,34
Medial	8,72
Posterior	1,34

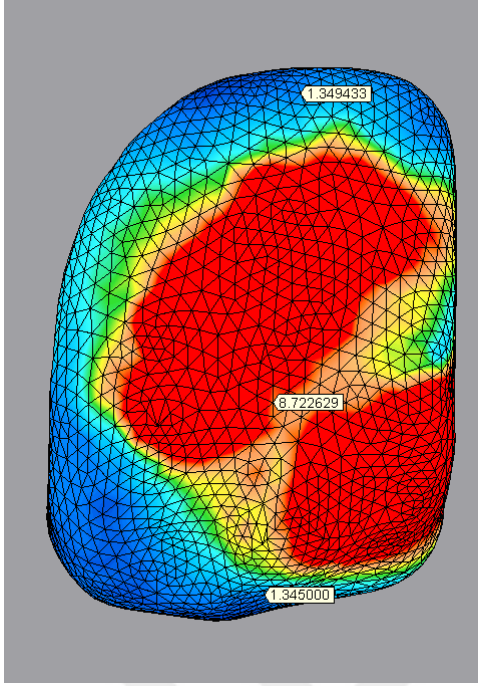
Tablo 4.4: Model 2 Von Misses Streslerileri eklem diski üst yüzeyi



Şekil 4.10: Model 2 Von Misses Stresleri eklem diski üst yüzeyi



Şekil 4.11: Model 2 Von Misses Stresleri eklem diski üst yüzeyi



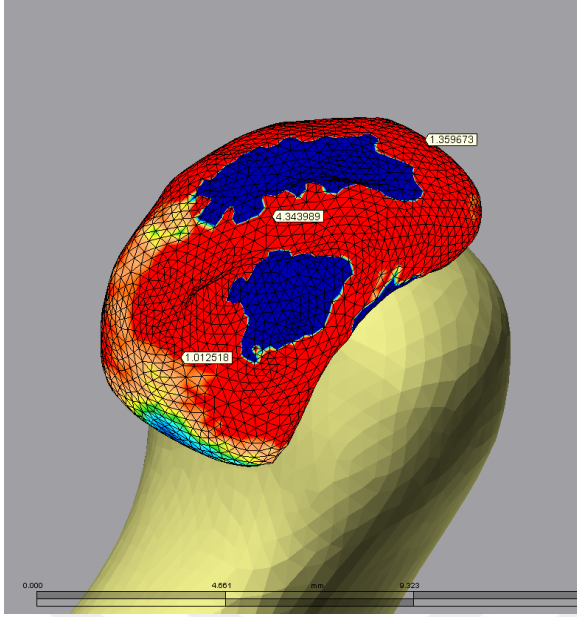
Şekil 4.12: Model 2 Von Misses Stresleri eklem diski üst yüzeyi

4.2.2. Model 2 Eklem Diski Üst Yüzeyi Maksimum Minimum Principle Stresler

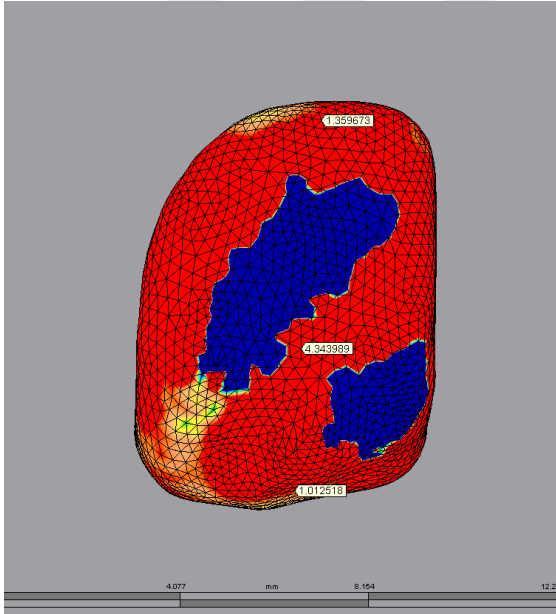
Diskün üst yüzeyine gelen pmax (maksimum asal gerilim), diskün ön ile orta bandının arasında en yüksek 29.92 MPa olarak ölçülmüştür. Diskün alt yüzeyine gelen pmin (minimum asal gerilim) ise diskün ön ile orta bandının arasında en düşük -72.28 MPa olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.13, 4.14, 4.15 ve 4.16’da gösterilmiştir.)

	Min princ	Max princ
A	-0,49	1,01
M	-5,32	4,34
P	-0,13	1,35

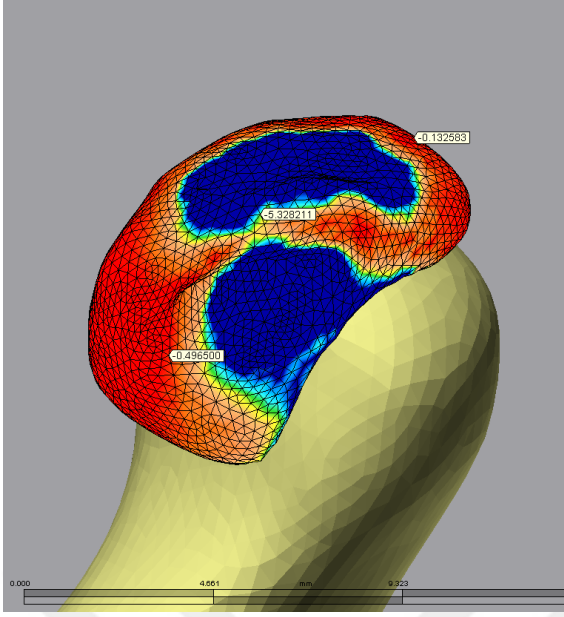
Tablo 4.5: Model 2 Minimum ve Maksimum Principle Stresler eklem diski üst yüzeyi



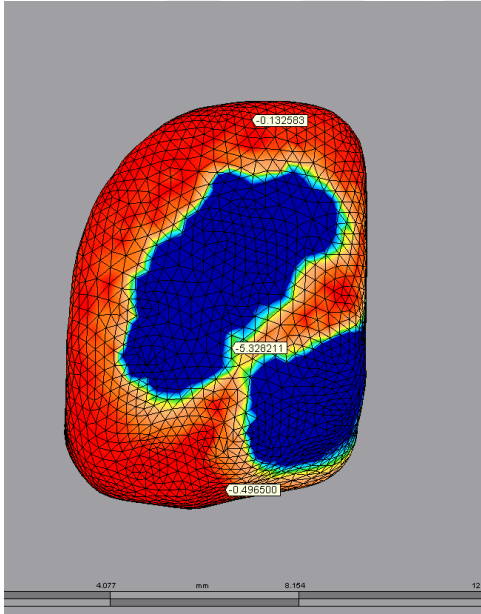
Şekil 4.13.: Model 2 eklem diski maksimum principle stres



Şekil 4.14.: Model 2 eklem diski maksimum principle stres



Şekil 4.15.: Model 2 eklem diski minimum principle stres



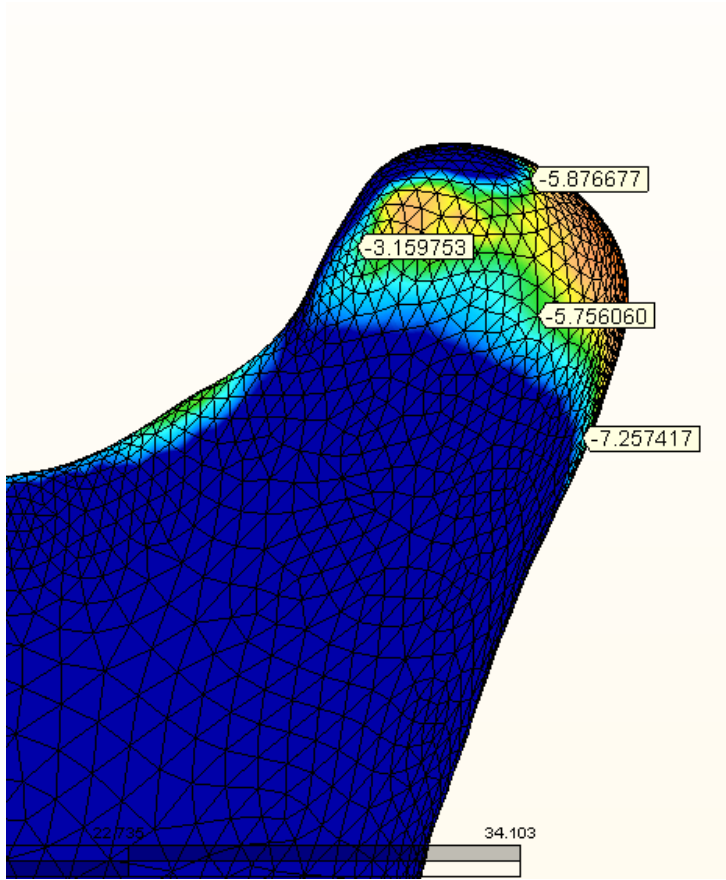
Şekil 4.16.: Model 2 eklem diski minimum principle stres

4.2.3. Model 2 Kondil Başı Maksimum Minimum Principle Stresler

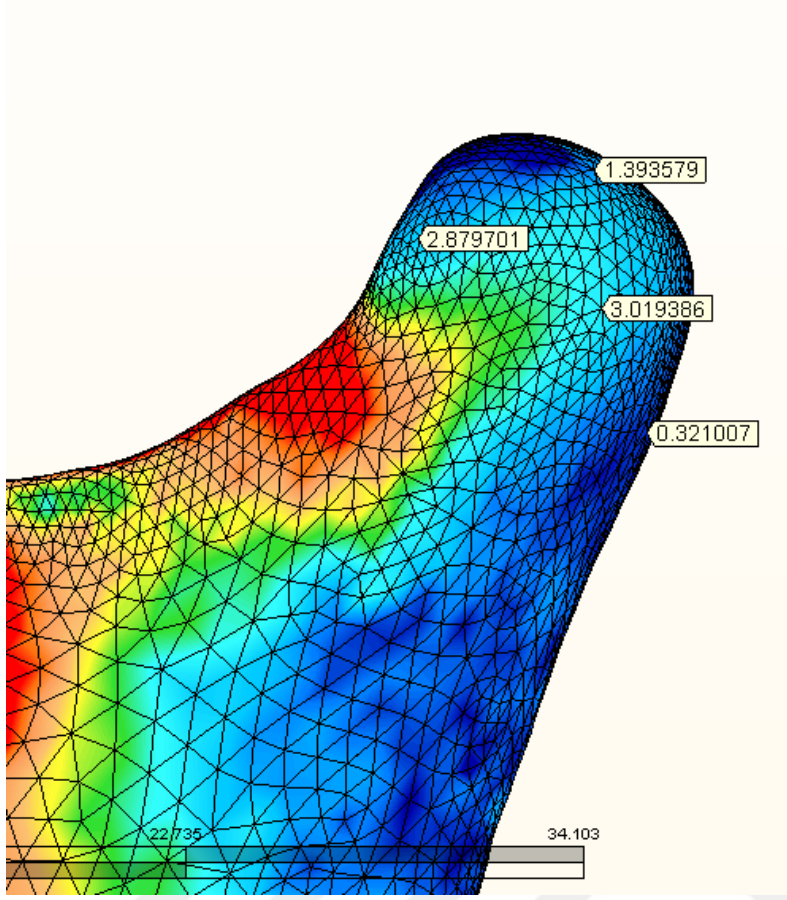
Kondile gelen maksimum ve minimum asal gerilimler incelendiğinde, stresin en çok kondil başının ön lateral kısmında (diskin ön ile orta bandı arasına gelen kısımda) yoğunlaştığı izlenmiştir. Kondilin ön lateral kısmında ölçülen en yüksek stres değeri 26.92 MPa'dır. (Tablo 4.6'da gösterilmiştir.)

	<i>Min. Princ.</i>	<i>Max. Princ.</i>
<i>Anterior</i>	-3,15	2,87
<i>Posterior</i>	-7,25	0,32
<i>Lateral</i>	-5,75	3,01
<i>TEPE NOKTASI</i>	-5,87	1,39

Tablo 4.6: Model 2 Maksimum Minimum Principle Kondil Başı



Şekil 4.17.: Model 2 kondil başı minimum principle stres



Şekil 4.18.: Model 2 kondil başı maksimum principle stres

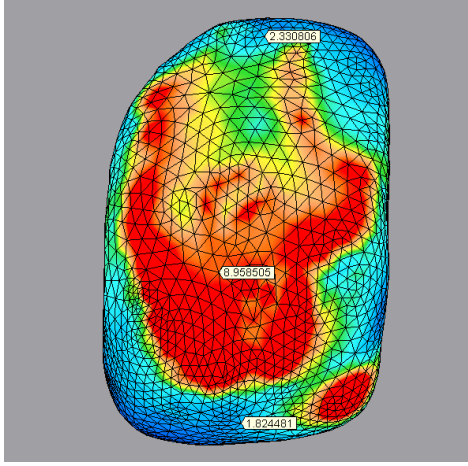
4.3. Model 1 ve 2'nin Karşılaştırılması

4.3.1 Model 1 ve Model 2 Eklem Diskinin Üst Yüzeyinde Von Mises Streslerinin Karşılaştırılması

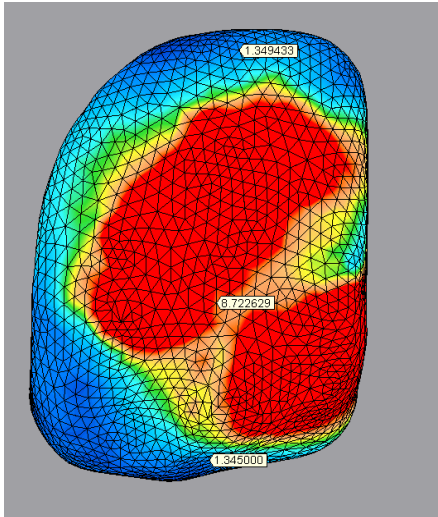
Model 2'de model 1'e göre diskin üst yüzeyinde Von Mises stres miktarında azalma izlenmiştir. Model 1'de diske gelen kuvvetler medial ve anterior bant arasındadır. Her iki modelde de diske gelen Von Mises streslerini kesitsel olarak incelendiğinde, diskteki streslerin ön ve orta bant arasında yoğunlaştığı izlenmiştir. Model 2'de de kuvvet yoğunluğu anterior ve medial bant arasındayken diske gelen streslerin dağılımı anteriora ve laterale kaydığı gözlenmiştir. Model 1'e göre Model 2'ye gelen anterior ve posterior bant bölge stresleri daha düşük medial kuvvetler ise yaklaşık değerlerdedir. (Şekil 4.19 ve 4.20'de gösterilmiştir.)

	Model 1	Model 2
Anterior	1,82	1,34
Medial	8,95	8,72
Posterior	2,33	1,34

Tablo 4.7: Model 1 ve Model 2 Von misses Steresleri eklem diski üst yüzey



Şekil4.19: Model 1 Von Mises stres

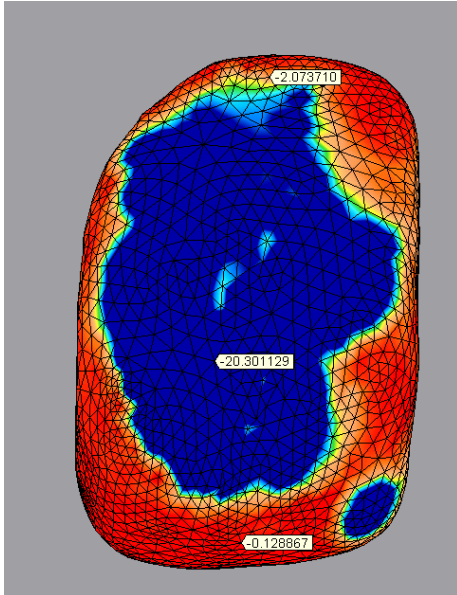


Şekil 4.20: Model 2 Von Mises stres

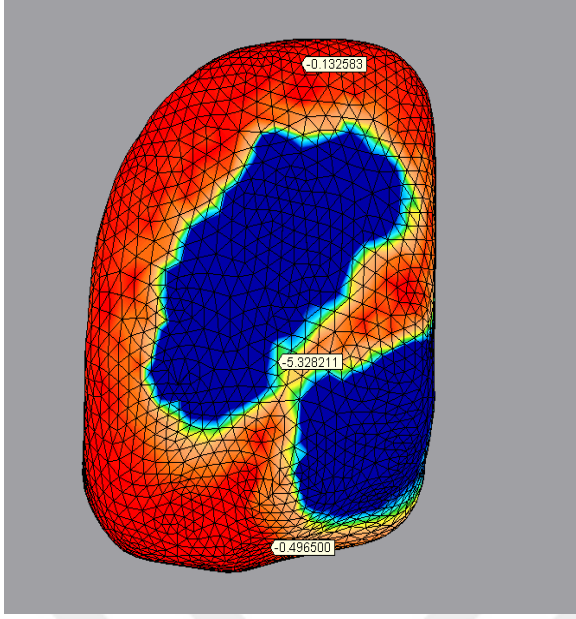
Model 2’de model 1’e göre diskin alt yüzeyinde Von Mises stres miktarında azalma izlenmiştir. Model 1’de diske gelen kuvvetler medial ve anterior bant arasındadır. Model 2’de kuvvet yoğunluğu anterior ve medial bant arasındayken diske gelen sterslerin dağılımı anteriora ve laterale kaydığı gözlenmiştir. Model 1’e göre Model 2’ye gelen anterior ve posterior bant bölge Von Mises stresleri daha düşük medial kuvvetler ise yaklaşık değerlerdedir. Bundan dolayı eklem diskine ait görüntüler ve kuvvetler sadece üst yüzeyler için belirtilmiştir. (Tablo 4.7’de gösterilmiştir.)

4.3.2. Model 1 Ve Model 2 Eklem Diskinin Üst Yüzeyinde Minimum Principle Streslerin Karşılaştırılması

Minimal asal gerilmeler modelde basma tipi gerilmeleri gösterir. Model 2’de model 1’e göre diskin posterior ve medial bantlar bölgesinde basma kuvvetleri azalmışken, anterior bant bölgesinde artış göstermiştir. (Şekil 4.21 ve 4.22’de gösterilmiştir.) Her iki model arasındaki basma gerilimi farkı anterior bant bölgesinde benzer değerler olmakla birlikte medial ve posterior bant bölgelerinde model 1’de model 2’ye göre büyük farklılık göstermektedir. Her iki modelde de diskin alt yüzeyine gelen pmin gerilim stresleri ön ile orta bant arasında daha yoğundur. (Tablo 4.8’de gösterilmiştir.)



Şekil 4.21.: Model 1 Minimum Principle Stresler



Şekil4.22: Model 2 Minimum Principle Stres

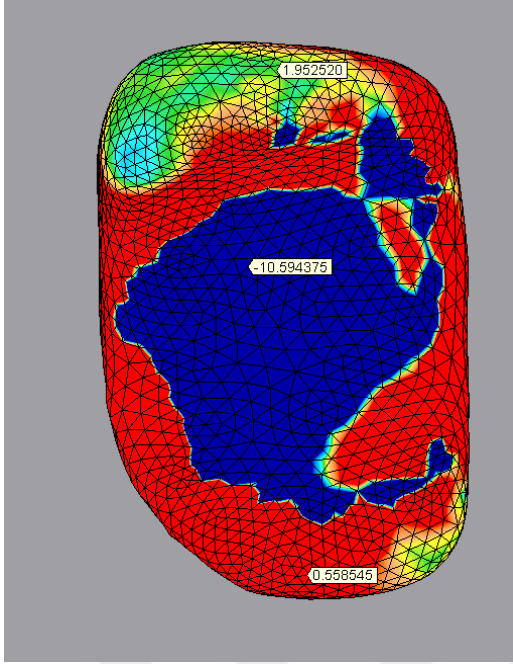
	Model 1	Model 2
Anterior	-0,12	-0,49
Medial	-20,30	-5,32
Posterior	-2,07	-0,13

Tablo 4.8: Model 1 ve model 2 eklem diskinin alt ve üst yüzeyi minimum principle stres

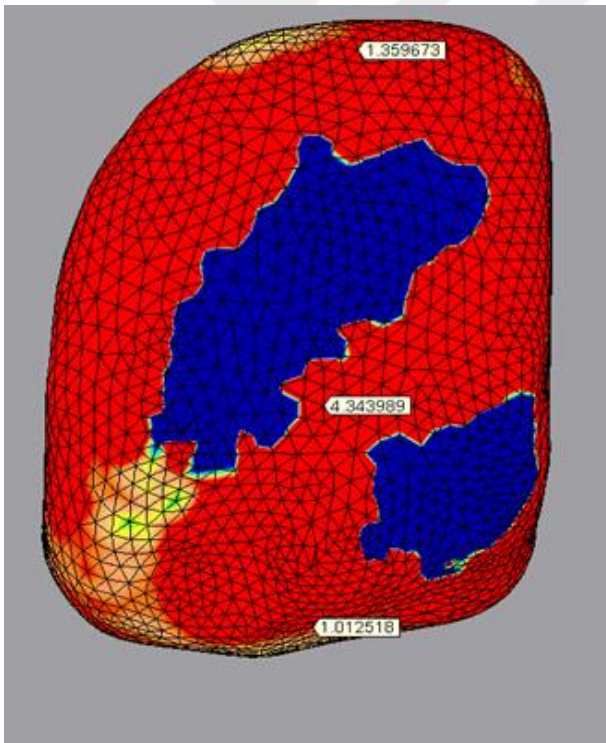
4.3.3. Model 1 Ve Model 2 Eklem Diskinin Üst Yüzeyinde Maksimum Principle Streslerin Karşılaştırılması

Maksimum asal gerilmeler ise modelde meydana gelen en yüksek çekme tipi gerilmeleri gösterir. Model 1'deki çekme stresleri diskin anterior ve medial bant bölgesinde Model 2'ye göre daha fazladır. Posterior bant bölgesinde Model 1'de daha az çekme stresi görülmektedir (Tablo 4.9'da gösterilmiştir.).

Her iki modelde de diskin alt yüzeyine gelen pmax gerilim stresleri ön ile orta bant arasında daha yoğundur. Model 1'de pmax stresleri diskin arka bandına kadar yayılmıştır. Model 2'de ise pmax streslerinin sadece diskin ön ve orta bandının arasında yoğunlaştığı izlenmiştir. . (Şekil 4.23 ve 4.24'de gösterilmiştir.)



Şekil 4.23: Model 1 Maksimum Prinple Stres



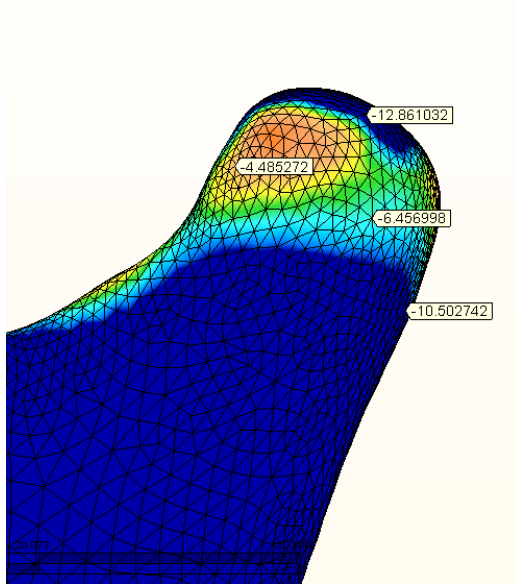
Şekil 4.24: Model 2 Maksimum Principle Stres

	Model 1	Model 2
Anterior	1,95	1,01
Medial	-10,95	4,34
Posterior	0,55	1,35

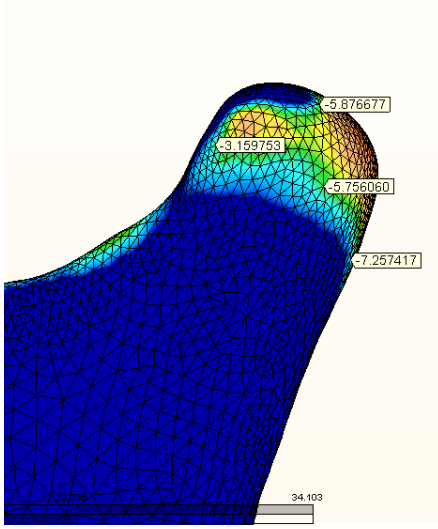
Tablo 4.9: Model 1 ve model 2 Maksimum Principle Stres

4.3.4. Model 1 Ve Model 2 Kondil Başındaki Minimum Principle Streslerin Karşılaştırılması

Her iki modelde de kondile gelen Minimum Principle Stresleri incelendiğinde, stresin en çok kondil başının ön lateral kısmında (diskin ön ile orta bandı arasına gelen kısımda) yoğunlaştığı izlenmiştir. Model'1 de Minimum Principle Stres yoğunluğu kondil başında, diskın ön bandına denk gelen yüzeyinde daha çok artmıştır. Kondil başına gelen en yüksek minimum principle stres miktarı model 1'de izlenmiştir. Model 2 ile model 1 kıyaslandığında ise model 2'de kondile gelen Minimum Principle Stresleri azalmıştır. (Tablo 4.10'da gösterilmiştir.)



Şekil 4.25: Model 1 Minimum Principle Stres



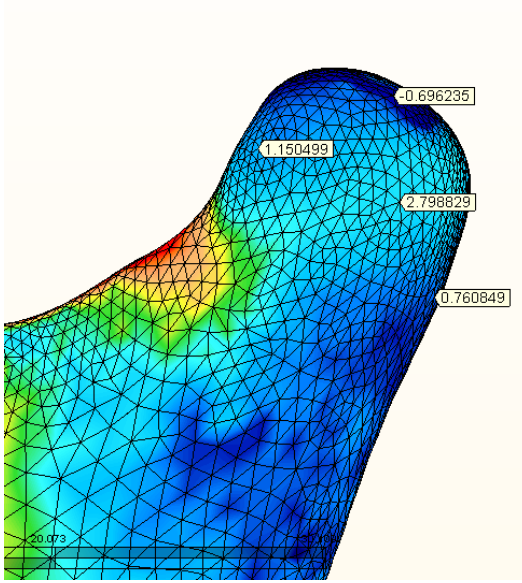
Şekil 4.26: Model 2 Minimum Principle Stres

	Model 1	Model 2
Anterior	-4,48	-3,15
Posterior	-10,50	-7,25
Lateral	-6,45	-5,75
TEPE NOKTASI	-12,86	-5,87

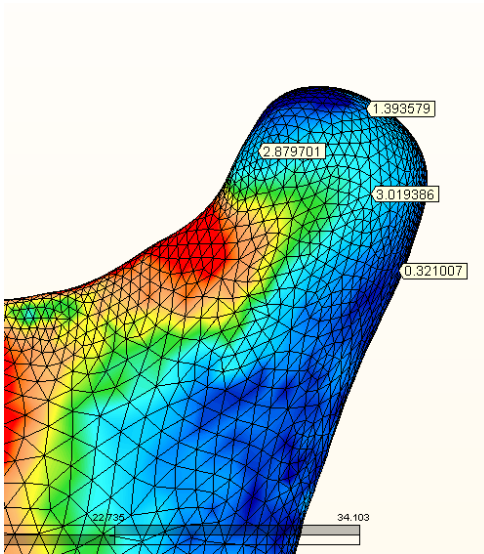
Tablo 4.10: Minimum Principle Stres kondil başı

4.3.5. Model 1 Ve Model 2 Kondil Başında Maksimum Principle Streslerin Karşılaştırılması

Her iki modelde de kondile gelen Maksimum Principle Stresler incelendiğinde, stresin en çok kondil başının ön lateral kısmında (diskin ön ile orta bandı arasına gelen kısımda) yoğunlaştığı izlenmiştir.(Şekil 4.27 ve 4.28’de gösterilmiştir.) Kondil başına gelen en yüksek maksimum principle stres miktarı model 2’de izlenmiştir. Model 2 ile model 1 kıyaslandığında ise model 1’e kondile gelen Maksimum Principle Stresler azalmıştır. (Tablo 4.11’de gösterilmiştir.)



Şekil 4.27: Model 1 Maksimum Principle Stresler



Şekil 4:28: Model 2 Maksimum Principle Stresler

	<i>Model 1</i>	<i>Model 2</i>
<i>Anterior</i>	1,15	2,87
<i>Posterior</i>	0,76	0,32
<i>Lateral</i>	2,79	3,01
<i>TEPE NOKTASI</i>	-0,69	1,39

Tablo 4.11: Maksimum Principle Stresler kondil başı

5.TARTIŞMA

Kranium ve fasyal kompleks üzerinde meydana gelen streslerin dağılımlarının araştırılabilmesi için çok fazla çalışma sunulmuştur. Lehman²⁰⁶ 1973 yılında, üst çene ile alt çenede meydana gelen kuvvetlerin en çok hangi alanlarda toplandığını bulmak için stres analizi çalışması yapmıştır. Thanos²⁰⁷, Alexandridis ile Caputo²⁰⁸ 1985 senesinde zigomatik kemiğin, temporal kemiğe ait fasyanın, zigomatik ark ile, masseter kasın üzerinde çalışma yapmışlardır. Bizim çalışmamızdaysa, Redüksiyonlu Anterior Disk Deplasmanı(RADD) tanılı bir hastada, 3mm kalınlığında okluzal stabilizasyon splinti varken temporomandibular eklem diskinin saat 12 pozisyonunda olduğu(normal konum) bir modelde ve eklem diskinin anteriorda konumlandığı(18 derece) bir modelde ekleme ait elemanların (mandibular kondil, artiküler disk) üzerine gelen streslerin dağılımı incelenmektedir⁵⁵.

Temporomandibular Bozukluklar(TMB) genellikle klinikte eklem bölgesinde klik, ağrılar, krepitasyon, çiğneme kaslarında oluşan spazmlar ve bunun sonucunda gelişen baş ağrıları, ağzın açılma hareketi esnasında güçlük olarak karşımıza çıkan ve çok yaygın görülen hastalıklar grubudur. Orofasiyal alandaki dişlerden kaynaklanmayan ağrılar arasında en sık karşılaşılan etken temporomandibular eklem bozukluklarıdır. RADD; TMB'lerin alt grubu olan iç düzensizlikler içerisinde en sık rastlanılan hastalıklardandır. TMB için doğru tanı koyma; detaylı alınmış bir anamnez ve klinik muayene ile eklem radyolojik görüntülenmesinin yapılması ve incelenmesi aşamalarını içerir. Toplumdaki bireylerin %33'ü ekleme ait disfonksiyonu gösteren en az bir şikayetin olduğunu bildirmiştir ve buna rağmen hastaların sadece %5-6'sı tedaviye ihtiyaç duymaktadırlar^{51,209}.

Klinikteki uygulamalarda, okluzal stabilizasyon splinti(OSS), RADD'nin tedavisinde kullanılan en yaygın tedavi metodlarındandır. Yaygın kullanımlarına karşın, etki mekanizmalarının üzerinde hala tartışmalar bulunmaktadır. OSS tedavisinin temel amacı, ekleme ait yüzeylerdeki kuvvetleri azaltmak ve çiğneme kaslarında oluşan hiperaktiviteyi önlemektir. Araştırmacıların büyük bir kısmı, OSS'lerin özellikle kas kökenli TMB hastalarında semptomları azaltmada daha etkin olduğunu öne sürmüşlerdir. Bizim çalışmamızın amacı ise, TMB' ler içerisinde sık görülen RADD tanılı bir hastanın MRG'den elde edilen görüntülerle bilgisayar ortamında oluşturulan, ağız içerisinde OSS takılı ve eklem diski normal konumunda olan bir model ile ağız içerisinde OSS takılı

ve eklem diski anteriora konumlanmış ikinci bir modelin çiğneme kuvvetleri altında temporomandibular eklem(TME) yapılarına gelen streslerin Sonlu Eleman Analizi ile karşılaştırılmasıdır^{74,210,211}.

Temporomandibuler eklemdede mandibular hareketler sırasında işlev gören yük, TME'nin de içinde bulunduğu kraniofasial iskeletin gelişimi ve büyümesi bakımından büyük önem taşımaktadır. Önceden yapılmış çalışmalarda TME biyomekaniğinin daha iyi anlaşılması amacıyla çeşitli teorik yaklaşımlar geliştirilmiştir. TME'nin iki boyutlu sonlu eleman modelleri, çene açılışı ve kapanışı sırasında TME içindeki gerilim ve reaksiyon kuvvetlerini incelemek için kullanılmıştır. Bu modeller, diskteki biyomekanik ile ilgili bilgiler sunmuştur. Çiğneme sistemi karmaşık bir yapı olup, oklüzyon çalışmaları için bu sistemin fonksiyonel anatomi ve biyomekaniği üzerinde canlı doku ve organlarda gerçekleştirilen stres analizi zor ve çoğunlukla imkansızdır. Bu sebeple bu tür incelemeler, incelenen yapı veya canlı dokunun modelleri üzerinde yapılır. Sonuçların doğruluğu, modelin doğruluğuyla doğru orantılıdır. Modelin canlı dokuya benzerliği oranında doğru sonuçlar elde etmek olasıdır. Bugün birçok stres analiz yöntemi kullanılmaktadır. Ancak, bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sayesinde, sonlu eleman stres analiz yöntemi gerçeğe yaklaşma ve tasarım-analiz özellikleriyle öne çıkmıştır. Üç boyutlu modellerle yapılan sonlu eleman stres analiz yöntemi, in vivo ve in vitro gerilim ölçüm analizleriyle elde edilen sonuçlarla uyum ve hassasiyet sağlamıştır. Sonlu eleman stres analiz yönteminde yüklemenin yönü ve miktarı ideal şekilde uygulanabilirken, in vivo gerilim ölçüm çalışmalarında idealizasyon, kuvvet uygulama şekli ve transmisyon gibi birçok faktör olumsuz etkilerde bulunur. Ek olarak, stresin tip ve yerleşimi yalnızca sonlu eleman stres analiz yöntemi ile net olarak izlenebilir. Literatürde birçok sonlu eleman stres analiz yönteminin diğer yöntemlere göre avantajlı olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, çalışmamızda da sonlu eleman stres analiz yöntemi kullanılmıştır^{95,117}.

Mandibula destek mekanizması, anatomik ve fizyolojik olarak oldukça karmaşıktır ve her mekanik model sadece gerçek yaşamdaki durumun bir yansıması olabilir. Model, mandibuler kemik yapılarının homojen olduğunu ve elevatör kaslar tarafından üretilen kuvvetlerin sürekli olduğunu kabul etse de, modeldeki deformasyon biçimlerinin in vivo durumla uyumlu olduğunu ortaya koyan karşılaştırmalı insan denek çalışmalarına dair kanıtlar mevcuttur. Modelin iki veya üç boyutlu olarak uygulanması önemli bir husustur. Bilgisayar teknolojisinin gelişmesi sayesinde, üç boyutlu

modellemenin zaman ve maliyet açısından zor olmasına rağmen, sonuçların doğruluğu açısından avantaj sağlar. Gerçekleştirilen çalışmalar, üç boyutlu modelin avantajlarını göstermektedir^{212,213}. Bu sebeple, çalışmamızda da üç boyutlu model kullanılmıştır. Modelin doğruluk seviyesi, matematiksel modeldeki nokta ve elemanların sayısı ile ilişkilidir. Modellerimizdeki eleman ve nokta sayıları, literatürdeki rutin kullanım değerlerinin çok üzerinde tutularak idealize edilmiştir. Stres dağılımında etkili olan diğer bir faktör de farklı kemik kalitesidir²¹⁴. Bu nedenle, daha doğru modelleme için kemik yoğunluğunun da belirtilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, çalışmamızda kortikal ve trabeküler kemik yapıları birbirinden farklı özellikler temel alınarak modellenmiştir. Çalışmamızda kullanılan kemik kalitesi ve miktarı, Lekholm ve Zarb²¹⁵ tarafından tanımlanan D2 sınıfı kemiktir. Mandibula'daki bu tür kemik, klinikte sıklıkla görüldüğü için çalışmamızda kullanılmıştır.

Doğru ve hassas sonuçların elde edilmesi, anatomik bileşenlerin doğru şekilde modellenmesine ve modele uygulanan kuvvetler ile kullanılan sınır koşullarının doğruluğuna bağlıdır²¹⁶. Modelimizin doğruluğu, anatomi çalışmalarında kullanılan bir mandibulanın üç boyutlu tarama cihazı ile dijital hale getirilerek elde edilen verilerin üç boyutlu modellemede kullanılmasıyla sağlanmıştır. Ayrıca, eklem yapılarının anatomisinin doğruluğunu sağlamak amacıyla, bu yapıların modellenmesinde ortalama boyut ve idealizasyon için anatomi atlası (sobotta⁹³) kullanılmıştır.

Çalışmamızda modellenen canlı doku materyallerinin özellikleri farklıdır. Aynı zamanda, modelin her bir katmanı için kullanılan materyaller ve özelliklerine ve deneylerde kullanılan modele bağlı olarak stres dağılım şekilleri farklı olabilmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada sonlu eleman stres analiz yönteminin doğal limitasyonları göz önünde bulundurulmalıdır^{198,217}.

Newton mekaniği bütün kuvvetlerin dengede olmasını gerektirir; bu nedenle modellerimizde okluzal yükleri temsilen uygulanan kuvvetleri dengeleyecek şekilde kas bağlantı bölgelerinden bu doğrultudaki kuvvetler sınır koşulu olarak kullanılmıştır. Ayrıca modeldeki temporal kemik parçasının sabit tutulması mandibuler kaldıraç sistemindeki destek noktasını oluşturarak çiğneme sisteminin doğru bir şekilde simülasyonuna olanak sağlamıştır. Cruz ve ark.⁶⁸ kuneiform implant geometrisinin stres dağılımına etkisini inceledikleri çalışmalarında benzer şekilde bir dişsiz mandibula kullanmışlar ve sistemin dengesini sağlamak amacıyla yine mandibulanın TME'yi

oluşturan parçası olan mandibuler kondilin üst anterior parçasını sabit tutup modeli çiğneme kaslarıyla desteklemişlerdir. Çiğneme kaslarından uygulanacak kuvveti de bu kuvvetin ve çiğneme kaslarının TME'deki destek noktasına göre momentlerinin toplamı sıfır olacak şekilde bir formülle hesaplamışlardır. Biz bu denkliği çalışmamızda uyguladığımız kuvvete karşılık mandibulanın yer değiştirmesinin minimum olmasını sağlayacak kas kuvvet değerlerini esas alarak gerçekleştirdik. Mandibulanın gövdesi üzerinde kas pozisyonları ise yine Cruz ve ark.'nın⁶⁸ çalışmasında olduğu gibi mevcut tanımlamalara dayanılarak belirlenmiştir.

Sonlu eleman stres analizi yöntemi kullanılırken, sadece vertikal veya horizontal kuvvetlerin canlıda oluşmadığını, aynı zamanda oblik okluzal kuvvetler olarak adlandırılan ve kortikal kemiğin lokalize streslerini oluşturabilen kombine yüklerin de daha gerçekçi okluzal yönlendirmeler temsil ettiğini göz önünde bulundurmak önemlidir²¹⁸. Prostodontik çalışmalarda, vektör geometrisi kullanımı, eğimli bir okluzal düzleme uygulanan kuvvetlerin horizontal ve vertikal kuvvet vektörlerini oluşturduğunu göstermiştir. Birçok araştırmacı, restorasyonun başarısına lateral kuvvet iletiminin kısıtlanmasının katkı sağladığını belirtmiştir²¹⁹. Bu sebeple, çalışmamızda oklüzyon tiplerinin kontrolünün ilk aşamasını oluşturan vertikal ve lateral (horizontal) kuvvetler kullanılmıştır.

Özellikle, nöromusküler sistemlerin kas kuvvetlerini her zaman en aza indirmeye çalıştığı düşüncesi deneylerle kanıtlanmadan, bu sistemlerin başarılı tahminlerde bulunduğu söylenemez. TME'nin sıkıştırma özelliğinin olmadığını gösteren geçmiş çalışmalar, bunun en iyi örneğidir. TME'nin üç boyutlu modelinin oluşturulabilmesi için, anatomik bilgilerin toplanması gerekmektedir. Özellikle, kasların hareket çizgileri, birleşme noktaları, eklem kuvvetleri ve ısırma kuvvetlerinin uygulandığı noktaların bilinmesi gerekmektedir. Her kasın sisteme etkisini belirlemek için, her kasın kuvvet büyüklüğü ve kasların birleşim alanlarının bilinmesi gerekmektedir. Kasların birleşim alanları, hastanın BT kesitlerinin birleştirilmesi ile elde edilmiştir. Üç boyutlu modelin elde edilmesinde en sık tercih edilen görüntüleme sistemleri; BT, MRG ve pozitron emisyon tomografisi olarak belirtilmiştir. Bu görüntüleme sistemleri, hastanın anatomisinin üç boyutlu olarak incelenmesine olanak sağlar^{93,104,105}.

Modelde oluşması beklenen stresler mandibulaya uygulanan ve diski temporal kemiğe doğru sıkıştıran kuvvetlerin miktarından büyük ölçüde etkilenmektedir. Bu

kuvvetin in vivo büyüklüğü bilinmediğinden standart seçilen 60 N'luk değer ve bu kuvvetin oluşturacağı stresler incelenmiştir. Ancak çalışmamızda koşullar arasında standardizasyon sağlandığı ve koşullar birbirleriyle kalitatif olarak karşılaştırıldığından bu kuvvetin gerçeğe birebir uyması gerekmemektedir. Bununla birlikte sonlu eleman modellemesinin değerinin dağılım paterninde hesaplanan rölatif değerlerde olduğunu vurgulamışlardır⁶⁸.

Bulgularda belirtildiği gibi kemik yüzeyindeki modellenen kas kuvvet etkisi kuvvet uygulama alanları ve TME'deki stres değerlerine yakın stres alanları oluşturulmuştur. Bu gerçek elde edilen stres seviyelerinin kıyaslanmasında kalitatif bir anlam sağlar ve tüm mandibulanın modellenmesinin önemli olduğunu ve ihmal edilemeyeceğini göstermektedir. Bu faktörleri göz önünde bulundurmeyen destek sistemlerine sahip modeller gerçekçi olmayan sonuçlar sağlayabilir. Farklı modelleme koşullarının kıyaslaması bir referans olarak işlev görebilir ancak kararsal bir değere sahip değildir²¹⁵.

Temporomandibular eklem ve yapılarında oluşan kuvvetlerin dağılımının araştırılması için literatürde birçok çalışma mevcuttur. Lehman²¹⁶, maksilla ve mandibulada oluşan kuvvetlerin hangi bölgelerde yoğunlaştığını belirlemek amacıyla fotoelastik stres analizi yapmıştır. 1985'de, Thanos ve Caputo,²²⁰ zigomatik ark ve zigomatik kemik, masseter kas ve temporal fasyayı inceleyen bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada ise RADD tanılı bir hastada splint varken TME elemanları olan mandibular kondil ve artiküler diske gelen kuvvetlerin dağılımı incelenmiştir.

Hu ve ark.⁹, TME kondilindeki stres dağılımlarını incelemek için gerçekleştirdikleri çalışmalarında, BT ile çekilmiş insandan elde edilen modeli kullanmışlardır. Kondilin anterior artiküler yüzeyinde stresin yoğunlaştığı, posterior yüzeyde yoğunluğun azaldığı ve kondilin en iç ve en dış bölgelerinde minimum olduğunu gözlemlemişlerdir. Kondilin tepesinden 5-6 mm aşağı indiklerinde, iç streslerin anterior artiküler yüzeyde yoğunlaştığını saptamışlardır. Kondilin inferior ve orta kısmında, posterior kortikal kemikten ziyade anterior kortikal kemikte streslerin yoğunlaştığını ve kondilin içerisindeki kansellöz kemiğin içinde streslerin çok düşük olduğunu görmüşlerdir. Kondil boyun bölgesindeki streslerin kortikal kemikte eşit şekilde dağıldığını ve her iki kondilde de simetrik bir dağılım olduğunu belirlemişlerdir. Von Mises stresi, malzeme üzerinde oluşan stres dağılımları ve yoğunlaşmaları hakkında bilgi

edinmek için kullanılır¹⁹⁸. Minimal asal gerilmeler, modelde basma türü gerilmeleri gösterir. Çalışmamızda Model 2'de, Model 1'e kıyasla diskin posterior ve medial bantlarında basma kuvvetleri azalırken, anterior bant bölgesinde artış görülmüştür. Anterior bant bölgesinde her iki model arasındaki basma gerilimi farkı benzer değerler olmasına rağmen, medial ve posterior bant bölgelerinde Model 1'de, Model 2'ye göre büyük farklılık görülmektedir. Her iki modelde de diskin alt yüzeyinde oluşan pmin gerilim stresleri, ön ve orta bant arasında daha yoğundur.

Hart ve ark.⁸⁹ ise, kısmen dişsiz bir kafatasının BT'sinden elde ettikleri modelde mandibulanın biyomekaniğini modellemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Her yükleme durumunda korpusun molar bölgesinde yüksek eğilme ve ramusun anterior parçasında yüksek gerilme dirençleri gözlenmiştir. Bu çalışmada da, Hu ve ark.⁹ ile Hart⁸⁹ ve ark. çalışmalarına benzerlik gösterecek şekilde, kondilin üst yüzeyinin anteriorunda yoğun yükleme olduğu saptanmıştır.

Choi ve ark.⁹⁶ bilgisayar destekli modelleme yöntemlerinin geliştirilmesi ve bilgisayar modellerinden maksillofasiyal problemlerin analizinde yararlanılmasının sağlanması amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında kafatasından alınan dişsiz bir mandibulanın bilgisayar ortamına aktarılmasıyla model elde etmişlerdir. Bu üç boyutlu model üzerinde yapılan analiz ile gerilme streslerinin kondil bölgesi ve üçüncü molar bölgesinde, baskı streslerinin ise kondil bölgesi, koronoid proçes ve premolar ile molar bölgesinde yaygın olarak görüldüğünü belirlemişlerdir⁹⁶. Bu çalışmada ise bir hastanın MRG'sinin bilgisayar ortamına aktarılmasıyla dişli bir mandibula modeli elde edilmiş olup, mandibular kondil ve artiküler diskin anterior bölgesinde yüksek gerilme streslerinin olduğu saptanmıştır.

Tanaka⁹⁹ MRG dayalı bir sonlu eleman modeli ile çene açılması esnasında TME'de stres analizi gerçekleştirmişler ve diskin glenoid fossaya bakan üst sınırındaki streslerin alt sınırdan daha düşük değerler sergilediğini bulmuşlardır. Aynı zamanda kondiler hareketle mekanik streslerin ilk olarak alt yüzeyde oluştuğunu ve artiküler disk vasıtasıyla üst sınıra iletildiğini ve iletilen mekanik stresin diskin stres dağıtma fonksiyonuna bağlı olarak azalabileceğini belirtmişlerdir²¹⁹. Çalışmamızda da bu bulgulara paralel olarak tüm koşullarda diskin üst yüzeyindeki stres değerleri alt yüzeye oranla daha düşük bulunmuş ve aynı zamanda temporal kemiğin TME'yi oluşturan parçasına disk vasıtasıyla iletilen streslerin değerlerinin azaldığı gözlenmiştir.

Chen ve ark.⁶⁸ TME'nin stres analizini yapmak amacıyla bir hastadan elde ettikleri manyetik rezonans (MR) görüntülerinden üç boyutlu bir model geliştirmişlerdir. Çalışmamızda Chen ve ark.⁶⁸ sonuçlarını destekler şekilde diskin alt ve üst sınırlarında von-Mises gerilmesi fazla iken diskin üst sınırının orta bölümünde gerilme, alt ve üst sınırlarının posterior kısmında ise basma gerilmesi yüksek olarak bulunmuştur. Fossa eminens kompleksinde von- Mises gerilmesi çok azken kortikal kemikte yoğun olarak görülmüştür. Kartilajda gerilme stresi az iken temas bölgesinde sadece basma gerilmesi saptanmıştır. Bununla birlikte kortikal kemikte gerilme yüksek düzeyde iken kansellöz kemikte düşük düzeyde von-Mises gerilmesi gözlenmiştir. Artiküler temas bölgeleri yakınında yüksek düzeyde basma gerilmesi görülmüştür. Temporomandibular eklem üzerinde etkili olan kuvvetlerin miktarı ve yönünün tahminine dayalı olarak oluşturulan modeller, farklı sonuçlar üretmektedirler. Bu sonuçlarla yapılan araştırmalar güvenilir olmayabilir. Bu nedenle, herhangi bir modelle çalışma yapılabilmesi için elde edilen sonuçların deneysel verilerle desteklenmesi şarttır. Analitik modellerin en büyük dezavantajı, kaslara ilişkin kuvvet değerlerinin kesin olarak bilinmemesi ve tahminlere veya ortalama değerlere dayanmasıdır. Sayısal analizlerin en büyük olumsuz özelliği ise, hesaplamalar sırasında kasların kasılma yönü ve miktarının tahmin edilerek belirlenmesidir^{36,68,221}.

Literatürdeki çalışmalarda TMB tanılı hastaların genellikle 20-40 yaş aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Cinsiyetler açısından yapılan değerlendirmelerde TMB'lerin kadın hastalarda daha sıklıkla görüldüğü bulunmuştur, kadın/erkek oranının ise 2/1-9/1 değerleri arasında değişiklik gösterdiği ifade edilmiştir. Literatürde bu farklılık kadınlardaki stres hormonlarının seviyelerinin daha fazla oluşu ya da ağrıya karşı daha hassas olmaları durumlarıyla ilişkilendirilebileceği belirtilmiştir^{49,115,222}. Bizim çalışmamıza dâhil edilen hasta literatürdeki oranları takip ederek yapılan diğer çalışmalara paralellik göstermek amacıyla 26 yaşında bir kadın hasta olarak seçilmiştir. Diğer faktörlerin elimine edilmesi amacıyla çalışmamıza dâhil edilen hasta dental sınıf 1 kapanışa sahip, daha önce eklem tedavisi almamış, sistemik olarak sağlıklı, psikolojik bir hastalık tanısı bulunmamaktadır.

Temporomandibular eklem bozukluklarının etiyolojisinde fazla sayıda etken (okluzal travma, stres ve parafonksiyonel alışkanlıklar) olduğu düşünülmektedir. Ancak etkenin kesin olarak ne olduğu konusu hala tartışmalıdır. TMB'nin etiyolojisinde fazla

sayıda etken bulunmasından dolayı bu rahatsızlıkların sınıflandırmalarında da çok fazla fikir ayrılığı söz konusudur. Günümüze kadar birçok sınıflandırma sistemi oluşturulmuştur. Bunların bazılarının kullanımı hala devam etmektedir. En kapsamlı olduğu düşünülen ayrıca en güncel sınıflandırma sistemi AAOP'nin 1990 yılında yayınlamış olduğu sınıflamadır^{50,67,198}. Daha sonra McNeill¹⁶⁰, Okeson³³ ve Bell⁵⁰ tarafından eklemeler yapılarak günümüzdeki halini almıştır. TMB'lerin klinik olarak değerlendirilebilmesi amacıyla günümüze kadar birçok düzenleme yapılmıştır. Kroug¹⁸², Poulsen ve ark.²²³ hazırladıkları muayene formları, Kranio-mandibular ya da Helkimo indeksi, gibi birçok yönteme başvurulmuştur. Günümüze kadar TMB'lerin daha güvenilir olarak tanımlarının konulabilmesi ve standardizasyonunun sağlanabilmesi için birçok yöntem geliştirilmiştir. DC/TMD tanı kriterleri sistemi, araştırmacılar ve klinik uzmanlar tarafından oluşturulmuştur. DC/TMD'ye ait formları klinik durumun değerlendirilmesi, psikolojik durumun değerlendirmesi amacıyla anamnez almak için kullanılmaktadır. DC/TMD'den 1992 yılından bu zamana kadar fazla sayıda randomize kontrollü ve epidemiyolojik çalışmada faydalanılmıştır. Bu çalışmada da literatürü takip etmek amacıyla TMB'lerin klinik tanısında DC/TMD formu kullanılmıştır^{33,79}.

Temporomandibular eklem bozuluklarının(TMB) etiyolojisinin multifaktöriyel olduğu düşünülmektedir. Birçok araştırmacı tarafından travma, maloklüzyon, brüksizm ve parafonksiyonel alışkanlıklar, hormonal ve genetik faktörler temel nedenler olarak kabul edilmektedir. Günümüze kadar mekanizmasının net olarak açıklanabilmesi için birçok çalışma mevcuttur¹⁹⁴.

Nitzan ve ark.'nın⁶³ yaptıkları bir çalışmanın sonucuna göre hyaluronik asitin(HLA), fosfolipaz A2'nin(PLA2) aktivasyonunu durdurarak fosfolipid yıkımını önler. HLA eklem kayganlığın temel etkeni olan fosfolipid yapılarının sürekliliğini sağlar. HLA seviyeleri yükseldikçe, PLA2 miktarı azalır. Bu sayede fosfolipitlerin yapısal bütünlüğü korunmuş olur. Güncel çalışmalara göre TME yüzeyinin kayganlığı sinovyal sıvı sayesinde çenenin hareketleri sırasında boşluklar arasındaki hareket ile eklem ait kıkırdak dokunun az miktardaki sıvıyı absorbe etmesi ile sağlanabilir. Kıkırdak dokular fonksiyonel olan basınçlar altında statik ve dinamik yüklenmeler altında eklem iç kısmındaki en az seviyede sürtünmeyi sağlayabilmek için absorbe olmuş sıvıyı tekrar serbest bırakır. Kondile ait yüzeylerde disk yokken ortaya çıkan sürtünmeler, diskin olduğu durumlara oranla en az üç kat fazla görülmüştür. Sürtünmelerin artması ile diske

ait kondil ile uyum içerisinde hareket etmesi zorlaşmaktadır. Uzun süre devam eden yüklenmeler sonucunda eklem adaptif kapasiteyi aşarak eklem diskinin elastik özellikleri etkilenmektedir. Nitzan'ın⁶³ yaptığı diğer bir çalışmada ise TME hastalıklarının patofizyolojisinde aşırı yüklenme (overloading) kavramına dikkat çekmiştir. Aşırı yüklenme, TME'ye uygulanan aşırı kuvvet ve stres nedeniyle eklem ve çevreleyen dokuların zarar görmesine yol açmaktadır ve travma, parafonksiyonel alışkanlıklar(bruksizm gibi), oklüzal bozukluklar ve kötü postür gibi faktörlerle tetiklenebilmektedir. Nitzan'ın⁶³ TME hastalıklarının patofizyolojik süreçlerine ilişkin modelinde, aşırı yüklenme ilk aşama olarak kabul edilir. Bu aşamada, eklem ve çevreleyen dokular üzerindeki aşırı yüklenme ve stres, dejeneratif değişikliklerin başlamasına yol açar. Sürekli stres ve yüklenme, eklem kıkırdağı, disk, kapsül ve ligamentlerde hasara neden olabilir. Reperfüzyon, hasar gören doku bölgelerinde kan akışının yeniden başlaması sürecidir. Ancak, reperfüzyon sırasında serbest radikaller ve oksidatif stres gibi zararlı maddelerin salınması nedeniyle, bu süreç daha fazla hücre hasara yol açabilir. Bu fenomen, "reperfüzyon hasarı" olarak adlandırılır ve TME hastalıklarının patofizyolojisinde de önemli bir rol oynar. Mevcut çalışmalar incelendiğinde, eklem komplekslerine uygulanan aşırı yüklerin, eklem yapılarında hasara ve fonksiyon kaybına neden olduğu görülmektedir. Bu sebeple, eklemlere uygulanan stresin fizyolojik sınırlar içerisinde kalması ve yıkıcı etkilerden kaçınılması adına büyük önem taşımaktadır. RADD tanısı konulan hastalarda, eklem yapıları üzerindeki fazla yüklerin azaltılması ve çenenin yeniden konumlandırılması amacıyla OSS'ler kullanılır. Bu sistemler, eklem diskinin normal pozisyonuna geri dönmesine yardımcı olur. Eklem diskinin süperolateral konumu(saat 12) eklem gelen yıkıcı kuvvetleri azaltarak eklem yapılarında önemli bir iyileşme sağlar^{50,67,198}. Çalışmamızda, OSS'lerin tercih nedeni, klinik olarak yıkıcı kuvvetlerin büyüklüğü ve dağılımını değerlendirmektir. Bu amaçla, sonlu eleman analizleri kullanarak bilgisayar ortamında kuvvetlerin dağılımı üzerinde çalışılmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlara göre, OSS'ler eklem yapılarına uygulanan stresi azaltmaktadır. Literatürde de desteklendiği üzere, bu durumun eklem üzerinde terapötik etkiler sağladığına inanmaktayız.

Temporomandibular Bozuklukların tedavisinde tercih edilen tedavi yöntemlerinden en çok kabul göreni konservatif ve reversibl yaklaşımlardır. Bunlar; oklüzal apareyler (splintler), fizik tedavi ve ilaç tedavileridir. 2002'de Alvarez-Arenal ve ark.²¹⁸ yaş ortalaması 36.5 olup TMB'si bulunan 24 hastada oklüzal splint ve TENS

(transcutaneous electric nerve stimulation)'in bruksizme etkisini incelemişlerdir. Hastaların 13'ünde diş sıkma ve 11'inde ise diş gıcırdatma görüldüğünü ve toplamda %62.5'inde bruksizm olduğunu belirtmişlerdir. Sonuçta, bruksizm görülen hastalarda yapılan bu tedaviler arasında anlamlı bir fark görülmediğini saptamışlardır²¹⁸. Bu çalışmada, RADD tanılı hastanın temporomandibular ekleminde oklüzal splintin etkisi incelenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, splintin düşük gerilmeler meydana getirdiği saptanmıştır.

Beard ve Clayton²¹⁹ çalışmalarında, TMD'si bulunan hastalarda oklüzal splint tedavisinin etkilerini incelemişlerdir. TMD'si bulunan 15 hastada yaptıkları çalışmalarında, hastalara 5 ay ile 1 yıl arasında süreyle oklüzal splint kullandırmışlar, aynı süre içinde 5 kişiden oluşan kontrol grubunu da hiçbir oklüzal tedavi yapmadan gözlemlemişler ve pantografik ölçümler yapmışlardır. Deney grubu ve kontrol grubu arasındaki ilişkiyi belirlemek için bu ölçümler istatistiksel analizlerle değerlendirilmiştir. Semptomlar deney grubunda 21.7 puan, kontrol grubunda 3.8 puan azalmıştır. Süre sonunda deney grubundaki hastaların oklüzal splintleri çıkartılmış ve azalan semptomlarında tekrar artış olduğu görülmüştür¹¹⁹. Bu çalışmada ise oklüzal splintin etkisi hastada klinik olarak değil, üç boyutlu sonlu elemanlar analizi ile bilgisayarda saptanmış olup sonuçta splintin eklem yüzeyleri ve artiküler diskte gerilmeleri azalttığı belirlenmiştir. 1994'de Koriath ve Hannam⁶¹ simüle edilmiş diş sıkma esnasındaki kuvvetlerin üç boyutlu sonlu elemanlar analizi ile uygulanması için bir çalışma yapmışlardır. Dişli bir hastadan çekilen bilgisayarlı tomografi görüntülerinin birleştirilmesi ile üç boyutlu dişli mandibula modeli elde etmişlerdir. Dişlerin sıkılması esnasındaki kas kuvvetlerini kasların tutunma noktalardan uygulamışlardır. Kondilin üst yüzeyinin lateral üçte birinde yoğun bir yükleme olduğunu belirlemişlerdir. Koriath ve Hannam²²⁴ kondilin üst yüzeyinin lateral üçte birinde yoğun bir yükleme olduğunu belirtilmiştir.

Temporomandibular eklemin yüzeyleri birbirleriyle uyumsuzluklar mevcuttur ve bu uyumsuzluklar eklem yüzeylerinin temas noktalarının miktarını artıran disk ile ortadan kaldırılır. Eklem diski esneme göstererek kondil yüzeyleri ile temporal kemiğin uyumlu hareketini sağlar ve yüzey alanın artırdığı için eklem gelen kuvvetlerinin daha geniş alanlara dağılım göstermesine imkan verir. Eklem kompleksi yapıları içerisinde eklem diski kilit unsur olarak görülmektedir. Bundan dolayı pozisyonu ve şekli eklem yapıları

için büyük önem taşır. Pozisyon ve şeklindeki bozukluklar eklem hastalıklarında temel nedenler olarak düşünülmektedir^{50,67,198}.

Yoshida ve ark.¹⁹⁶ diske ait pozisyonunun normal olduğu durumda kondil vertikaldeki ekseninden geçen hayali bir çizgi ile bilaminar zone bölgesini dik olarak kesen çizgilerin birleşimi ile oluşan açının değerini esas alan bir sınıflama yapmışlardır. Tasaki ve ark.'nın⁷⁴ gerçekleştirdiği bir çalışmada, diske ait konumsal değişiklikler çeşitli başlıklar altında incelenmiştir. Bu başlıklar şunlardır: normal disk pozisyonu, anterior disk deplasmanı, eklem lateral kısmından parsiyel anterior disk deplasmanı ve eklem medialinden parsiyel anterior disk deplasmanı. Ayrıca, rotasyonel anterolateral disk deplasmanı ve rotasyonel anteromedial disk deplasmanı gibi dönel hareketler de gözlemlenmiştir. Konumsal değişikliklerin diğer tipleri ise lateral disk deplasmanı, medial disk deplasmanı ve posterior disk deplasmanları olarak sınıflandırılmıştır. Bu bulgular, disk deplasmanlarının çeşitli biçimlerinin daha iyi anlaşılması ve uygun tedavi yöntemlerinin geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır^{149,219}. Çalışmanın sonucunda 10 derecenin altına düşerse disk sağlıklı konumda ve 10 dereceden fazla olduğu durumlarda disk anterior tarafa deplase olduğu kabul edilir. Eklem diskinin tanımlanan sağlıklı alanlar dışında olması disk deplasmanı olarak tanımlanır. Genel anlamda bakılacak olursa diskin deplasmanları en sık ön tarafa doğru gerçekleşmektedir. Fakat diğer taraflara doğru oluşan disk deplasmanları vardır. Yapılan bu sınıflama incelenecek olursa anterior disk deplasmanı, diske ait arka bandın artiküler eminens ile kondilin anterosuperior yüzeyi arasındaki sağlıklı konumundan anterior tarafa doğru yer değiştirmesidir. Çalışmamızda da genel kabul gören bu sınıflamaya uygun olarak 10 dereceden fazla olan açılar anterior konum olarak kabul edilmiştir. RADD tanısı olan hastamızın açı değeri 18 olarak ölçülmüştür.

Kreiner ve ark.²⁷ yaptıkları çalışmalarda, OSS'lerin kas ve eklem ağrısı olguları üzerinde etkisini değerlendirmişlerdir. OSS'ler yalnızca mekanik apareyler değil aynı zamanda davranışlarda değişiklikler meydana getiren apareyler olarak da etki ettiklerini; plasebo apareyler ile davranışsal tedavilerin benzer seviyede etkin olduklarını belirtmişlerdir. Çalışmanın sonucuna göre; oklüzal splintlerin çığneme sistemiyle sınırlı olan eklem ve kas ağrılarının tedavisinde kullanımının olumlu etkileri kanıtlanmıştır.

Pita ve ark.'nın¹²⁷ yaptıkları çalışmada OSS tedavisi için iki farklı vertikal boyut belirlemişlerdir(3mm - 6mm). Ayrıca iki splintin temporal ve masseter kasın ön

bölgesinin EMG aktivitesinde oluşan değişiklikleri değerlendirmeye almışlardır. Çalışmanın sonucu olarak splint kalınlığının EMG aktivitesinin üstüne anlamlı bulunan bir etkisi gözlemlenmemiştir. Klasser ve Green²²⁵, OSS'nin bütün gün kullanımının doğru olmadığını ve daimi okluzyon değişikliklerine neden olmadığı sürece TMB tedavisinde koruyucu ve reversible özellikte bir tedavi seçeneği olduğunu bildirmişlerdir. TMB tedavisi sırasında Zhang ve ark²²⁶, OSS uygulamasını değerlendirmeye aldıkları bir klinik çalışmada, OSS'lerin özellikle mandibula hareketleri esnasında kısıtlanma ile ağrı şikâyeti bulunan hastalarının tedavilerinde girişimsel olmayan bir yaklaşımı olduğunu ayrıca acilen TMB teşhisinin standardize edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Jokstad ve ark.²²⁷ sert OSS ile yumuşak splintin karşılaştırması amacıyla yaptıkları bir çalışmada Vizüel Analog Skala(VAS) hastaları değerlendirmişler ve 1 yıl süren çalışmanın sonucunda her iki tedavi yönteminin arasında tedavinin etkinliği açısından farklılık bulamamışlardır. Bazı çalışmalarda yumuşak splintin eklem üzerine negatif etkileri olmadığı söylene de güncel literatürde kaslar üzerinde ısırma kuvveti oluşturma eğilimi meydana getirdiğinden kesinlikle kullanılmaması gerektiği bildirilmiştir.

Okeson³⁴ TMB'lerin tedavisinde kullanılan OSS'lerin sert materyallerden yapılmasını, dikey boyutun premolar bölgesinde 2-3 mm olmasını, okluzyonun kanin koruyucu olarak tedavinin uygulanmasını önermiştir. Çalışmamızda, güncel bilgiler takip edilerek TMB'lerin tedavisi için sert akrilikten yapılmış 3 mm kalınlığında OSS kullanılmıştır. Oklüzal değişikliğe en az etkisi olduğu düşünülen sentrik kapanışta tüm karşıt dişlerin noktasal temasları olan eksentrik hareketlerde yalnızca kanin dişlerinin rehberlik yaptığı organik okluzyon tercih edilmiştir. Okeson'a¹⁷⁷ ait bir çalışmada farklı kondil-disk internal düzensizlik tanısı olan kırk hastaya OSS tedavisi uygulanmıştır. 2,5 yıllık takibin sonunda sonuçlar değerlendirilmiştir. Hastaların hiçbirinde mevcut oklüzal durumları üzerinde değişiklik yapılmamıştır. Hastaların % 66'lık bölümünde eklem seslerinin geçmediğini yalnızca % 25' lik bölümde ise ağrı şikayeti kalmıştır. Buna benzer uzun süreli çalışmaların sonuçlarına göre OSS'lerin hastaların % 75'lik bölümünde ağrıyı azaltırken; uzun süreli tedavilerin eklem sesleri üzerinde uzun dönem başarılarının düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bizim çalışmamızda OSS tedavisi sonucunda hastanın ağrılarında azalma gözlemlenmiştir.

Temporomandibular eklem diskine gelen mikro ya da makro travmalar sonucunda posterior kısmında meydana gelen incelmeye bağlı ağız açma hareketi esnasında kliking

sesi ile birlikte diskte anterior disk deplasmanları olgularında(RADD), en uygun tedavi, hastaya ilk başta kas gevşetici bir OSS uygulanmasıdır^{34,177}. Çalışmamızda redüksiyonlu anterior disk deplasmanı tanısı olan hastaya primer olarak hasta eğitimi ve kas gevşetici etkisi olan OSS tedavisi başlanmıştır. Günümüzde eklem rahatsızlıkları yaşayan hastalar için çeşitli tedavi seçenekleri bulunmaktadır. Bu tür hastalıkların tedavisinde bazıları konservatif yaklaşımları tercih ederken, diğerleri cerrahi gibi geri dönüşü olmayan yöntemlere başvurmakta ve her iki yaklaşımın da olumlu sonuçları bildirilmektedir. Bununla birlikte, hastalıkla ilişkili semptomların çiğneme kaslarından veya temporomandibular ekleminden diğer rahatsızlıklarından kaynaklanma ihtimalleri ve etyolojiyi belirlemedeki zorluklar nedeniyle, tedavide başlangıçta daha çok konservatif yöntemlerin kullanılması önerilmektedir. Bu bağlamda, TMB tedavisinde çeşitli splintlerden yararlanılabilmektedir. OSS'ler koruyucu yaklaşımda ilk düşünülen tedavi yöntemi midir^{40,137,202,228}. Çalışmamıza dahil edilen hasta, travma öyküsü olmayan, sistemik olarak sağlıklı ve eşlik eden eklem hastalığı bulunmayan bir bireydir. Hastanın oklüzyonunda eklem şikayetlerine yol açabilecek düzensizlikler bulunmamaktadır. Literatürde de bildirildiği üzere, hastanın şikayetlerinin eklem üzerindeki makro ve mikro kuvvetlere bağlı olduğunu düşünmekteyiz.

Kurita ve ark.'nın⁶⁰ yaptıkları çalışmada RADD tanılı hastalara OSS tedavisi uygulamışlardır. Çalışma sonucunda ise hastaların ağız açılma miktarında %63'ünde artış sağlandığı, %8'inde azalma olduğu ve %28'lik kısımda ise ağız açıklığı miktarının değişmediği kaydedilmiştir. TMB'si olan hastalarda OSS kullanılması sonrasında ağrısız olarak ağzın açılma miktarında 5,3 mm, ağırlı şekilde en yüksek değerdeki ağız açılma miktarındaysa 1.7 mm kadar artış bildirilmiştir.

Okluzal stabilizasyon splintlerinin kalınlıkları tedavi başarısı üzerinde etkisi olan temel faktörlerden biri olarak ifade edilir. Temporomandibular eklem diskinin deplasman şiddeti ile redüksiyon olup olamaması konusunda yapılan OSS'lerin başarısını değerlendiren az sayıda çalışma bulunmaktadır. Literatürdeki çalışmalara bakılacak olursa 1-8 mm değerleri arasında değişen dikey boyutları olan OSS'ler kullanılmıştır^{1,9,95}. Alkan ve ark.'nın²²⁹ bruksizm tanılı hastalar üzerine yaptıkları klinik çalışmalarında 1 mm kalınlığı olan OSS kullanmalarına karşın, trisiklik antidepresan tedavisi alan hastalara ait gruba kıyasla olumlu ve anlamlı sonuçlara ulaşmışlardır. Manns ve ark.'nın²⁰⁵ (1983) bruksizmi ile birlikte miyofasiyal ağrı sendromu tanısı olan hastalar

üzerine yaptıkları çalışmalarında 8.1 mm ve 4.4 mm vertikal yüksekliğe sahip OSS'ler ile kalınlığı 1mm olan OSS'ler karşılaştırılmış ve yüksek başarılı sonuçlar kaydetmişlerdir. Ek olarak hastaların ağrılarının azalmasını çiğneme kaslarına gelen kuvvetlerin düzenlenmesi sonucu rahatlamasına bağlamışlardır. Splintin vertikal boyutu arttıkça kaslarda görülen rahatlama miktarının artacağını ileri sürmüşlerdir. Dyline'nın⁸¹ çalışmasına göre 4 mm ve daha kalın kalınlığa sahip OSS'lerin brüksizmin önlenmesinde kullanılabileceği bildirilmiştir. Ayrıca kalınlık artışının OSS tedavisinde kas fonksiyonunda görülen iyileşmelerin temel faktörü olduğunu ileri sürmüştür. Kütük ve ark.'nın yaptığı çalışmalarda 6 mm vertikal kalınlığa sahip OSS kullanılan modelin analiz sonuçlarında TME'nin bütün komponentlerine gelen stres yoğunlukları 3 mm'lik vertikal boyuta sahip OSS kullanan gruba göre daha az olduğu bildirilmiştir. Bu bakımdan bahsi geçen klinik çalışmalarda artan dikey kalınlıklardaki OSS'ler ile elde edilen başarılı sonuçları destekler niteliktedir. Çalışmada TME'de oluşan streslerde, OSS kullanılmayan grup ile 3 mm OSS kullanılan grup arasında önemli miktarda stres farkı varken, 3 mm ile 6 mm OSS kullanıldığı gruplar arasında çok büyük stres farklarının olmadığını bulmuşlardır.

Piper 'in¹¹⁴ çalışmasında ise farklı olarak, 12-15 mm arasında vertikal boyutu olan OSS'lerin brüksizm üzerinde önleyici etkisi olduğunu savunmuş ve yaptığı diğer çalışmalarında da daha kalın vertikal boyutlu OSS kullanımını önermiştir. Redüksiyonlu ve redüksiyonsuz disk deplasmanı tanımlı hastalar üzerinde Ayman ve ark.²³⁰ tarafından yapılan çalışmada ise 2, 3, 4, 5 ve 6 mm vertikal boyuta sahip OSS'ler kullanılmıştır. Hastalardan tanı koyma aşamasında MRG'den destek aldıkları klinik çalışmalarında bütün hasta gruplarının her kalınlıktaki splintiyle tek tek görüntü alınmıştır. Bu sayede disk ile kondilin hareketlerini gözlemleyebilmişlerdir. İstatiksel olarak anlamlı olacak seviyedeki kondil ve disk hareketinde değişim miktarı oluşturan vertikal kalınlıklı splintler çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre RADD tanımlı hastalarda 4 mm ve redüksiyonsuz disk deplasmanı hastalarındaysa 6 mm kalınlıktaki splint kullanımıyla en anlamlı, olumlu sonuçlar ortaya çıktığını bulmuşlardır. Literatüre bakıldığında farklı vertikal kalınlıklı splintler kullanıldığında, bütün çalışmaların sonucunda, daha kalın vertikal boyutlu OSS'lerin klinik ve radyolojik açıdan daha başarılı sonuçları olduğu bulunmuştur. Bunun sebebi, kondil ile glenoid fossanın uzaklaşması ve diskin daha da posteriorda ve normal pozisyonuna yakın olan bir konum alması ile eklem

boşluğundaki artış nedeniyle olduğu söylenmektedir. Ayrıca bu durum eklem yapılarının üstüne gelen kuvvetlerin azalmasıyla açıklanmaktadır.

Bu çalışmada, literatüre dayalı olarak RADD tedavisi için kullanılan OSS'nin kalınlığı 3 mm olarak belirlenmiştir. MRG teknikleri kullanılarak sonlu eleman analizi için modelleme yapılmıştır. Çalışmamızın amacı, klinik araştırmaların matematiksel incelemelerini gerçekleştirerek, mevcut bilgileri güçlendirmektir. Elde edilen verilere göre, 3 mm kalınlığındaki OSS'nin, anterior konumlu olan eklem diski bölgesindeki kuvvetleri azalttığı gözlemlenmiştir. Bu durumun klinik karşılığının, stres azalması ve kasların gevşemesi olduğu düşünülmektedir. Çalışmamızın verileri, çiğneme kuvvetlerinin uygulandığı modellerde OSS üzerinde stres birikimi olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, OSS'lerin kendi üzerlerine stresi toplayarak eklem bölgesini rahatlatılabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Özetle, bu çalışma RADD tedavisinde 3 mm kalınlığında OSS kullanımının, eklem diski bölgesindeki kuvvetlerin azaltılmasına ve stresin OSS üzerinde birikmesi sonucu eklem bölgesinin rahatlamasına katkı sağladığını ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, klinik araştırmaların matematiksel olarak incelenmesi yoluyla literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır^{23,46,117,231}.

Temporomandibular eklem diskinin yer değiştirmesinin teşhisi, genellikle klinik muayene ve görüntüleme tekniklerinin bir kombinasyonu ile gerçekleştirilir. Klinik muayene sırasında, hastanın çene hareketlerinde kısıtlılık, aşırı çene oynaklığı ve eklem sesleri gibi belirtileri değerlendirilir. Birçok çalışma, disk deplasmanının çene kaslarının fonksiyonunu etkileyebileceğini göstererek, diskin yer değiştirmesinin çene kasları üzerindeki etkisinin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmaktadır. Görüntüleme teknikleri arasında manyetik rezonans görüntüleme (MRG), bilgisayarlı tomografi (BT) ve 3 boyutlu konik ışın bilgisayarlı tomografi gibi yöntemler kullanılabilir. Mantetik Rezonans Görüntüleme ilk defa 1984'te tanıtilen eklem ait yumuşak doku elemanlarının değerlendirilmesi amacıyla kullanılan non-invaziv ve iyonize radyasyon içermeyen bir tekniktir. MRG'nin üst seviyede yumuşak doku çözünürlüğü vardır. RADD'lerin tanısında altın standart olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. MRG, özellikle yumuşak doku yapılarını gösterme yeteneği sayesinde, diskin yer değiştirmesinin teşhisinde altın standart olarak kabul edilir. Bu yöntemler, eklem diskinin anormal yerleşimini ve çevreleyen yapılarla olan ilişkisini değerlendirmeye olanak tanıyarak, doğru ve kesin bir teşhis koymaya yardımcı olur. Literatürde birçok çalışmada manyetik

rezonans görüntüleme (MRG) kullanarak temporomandibular eklem diskinin yer değiştirmesi ve eklem ağrısı arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu çalışmalarda, disk yer değiştirmesinin ağrı ile ilişkili olduğunu göstermektedir ve MRG'nin bu tür problemlerin teşhisinde etkili bir araç olduğunu ortaya koymaktadır^{73,121,154,197}. Bizim çalışmamızda hastanın MRG'den faydalanılmıştır.

Roberts ve ark.²³⁴, eklemlerin yaklaşık %59'unun doğru bir şekilde klinik muayene ile teşhis edilebildiğini belirtmişlerdir. Ancak, TME iç düzensizliklerinin tanı ve tedavisinde, klinik bulguların çeşitli TME görüntüleme yöntemleriyle birleştirilerek değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Vogl¹³⁰ yaptığı çalışmada 248'i erkek, 546'sı kadın, yaş ortalaması 37.8 ve TMB tanılı 794 hastanın muayenesini yapmıştır. Eklemlere ait T1 ile T2 ağırlıklı parasagittal-parakoronal kesitler içeren MR görüntüleri elde etmiştir. Günümüzde geleneksel grafilerle birlikte çoğu zaman kombine olarak kullanılan manyetik rezonans görüntüleme yöntemi sayesinde klinik bulgular anlam kazanabilmektedir. BT'nin kemik doku detayları MRG'den üstün olduğu düşüncesi olsa da yüzey koillerinin kullanımı ile MRG'lerde sinyal yoğunlukları değiştirilerek teşhis için yeterli seviyede kemik doku ayrıntısı mevcuttur. Tasaki ile Westesson⁷⁴, MRG sayesinde artrografi ile mümkün olamayan disk ile ataçmanların arasında bulunan sınırın görüntülenebildiğini ayrıca osseöz bozuklukların da doğru şekilde tespit edilebildiğini bildirmişlerdir. MRG'nin TME'nin sert ile yumuşak doku değerlendirmesinde başarılı olduğunu belirtmişlerdir.

Kumar²²⁵ 2015 yılında gerçekleştirdiği bir araştırmada, 44 hastada toplamda 88 eklem için MRG sonuçları ile klinik muayene bulguları arasındaki korelasyonu incelemiştir. Hastalar, klinik muayene sonrası iki gruba ayrılmışlardır: Birinci grup unilateral veya bilateral TMB belirtileri olan çalışma grubu (22 hasta) ve ikinci grup ise semptomları bulunmayan kontrol grubu (22 hasta) olarak belirlenmiştir. Her iki gruptaki hastaların eklemleri, MRG ile ağız açık ve kapalı pozisyonunda incelenmiştir. Diskin kondil pozisyonuna göre değerlendirilmesi yapılarak, redüksiyonlu anterior disk deplasmanı, redüksiyonsuz anterior disk deplasmanı ve posterior disk deplasmanı şeklinde sınıflandırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, semptomatik hastaların bulunduğu birinci grupta 22 hastanın 18'inde (%81.8) disk deplasmanı saptanırken, 4 hastanın disk deplasmanı açısından normal olduğu belirlenmiştir. Asemptomatik hastaların yer aldığı ikinci grupta ise, 2 hastada (%9.1) disk deplasmanı tespit edilirken, 20 hastanın (%90.1)

disk deplasmanı açısından normal olduğu görülmüştür. Bu çalışma ile MRG sonuçlarının %90 duyarlılık ve %83.3 özgüllük oranlarıyla klinik muayene bulguları ile büyük ölçüde uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Temporomandibuler eklem iç düzensizliklerinde, MRG ile klinik bulgular arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar, semptomsuz kişilerde bile disk deplasmanlarının meydana geldiğini ortaya koymuştur. Barclay ve arkadaşları⁵⁵ tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, klinik ve MR bulguları arasındaki uyumun yalnızca %54 gibi düşük bir oranda olduğu belirtilmiştir. Bu duruma sebep olarak, çalışmada TME belirtisi göstermeyen bireylerin MR görüntülerinde dejeneratif değişikliklerin ve disk deplasmanlarının saptanması gösterilmiştir. Barclay ve ark.'nın⁵⁵ yaptıkları çalışmada, DC/TMD tanı kriterleri kullanılmıştır. Teşhislerin netleştirilmesi için MRG kullanılmıştır. RDC/TMD kriterlerini kullanarak konulan teşhislerin MRG bulgularıyla uyumlu olduğunu bildirmişlerdir. Taşkaya¹⁰¹ yaptığı çalışmada, eklem iç düzensizliklerin teşhisi için klinik bulguların MRG bulgularıyla büyük oranlarda uyumlu olduğunu bildirmişlerdir. Yatani⁷⁰ yaptığı çalışmada RADD hastalarının klinik teşhisiyle MRG'yi karşılaştırmıştır. Çalışmada iki tanı metodunun %80 gibi yüksek bir oranda örtüşme gösterdiğini bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada literatürü takip ederek eklem ait yapıların incelenebilmesi için MRG tercih edilmiştir. DC/TMD tanı kriterleri formlarını kullanarak RADD teşhisi ön gördüğümüz hastanın eklem bozukluğu MRG ile doğrulanmıştır. Eklem yapılarının değerlendirmesine büyük avantaj sağlar. MRG yönteminin tercih edilme nedenlerinden biri de iyonize radyasyon içermemesi ve bilinen bir zararı olmamasıdır. Hastaya uygulanan OSS ağzında takılı iken ve takılı değil iken iki ayrı MRG alınmıştır. Oluşturulan kesitler 3 boyutlu model oluşturulurken kullanılmıştır.

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Temporomandibular eklem bozukluklarının etiyolojisi çok faktörlü olarak kabul edilmektedir. Günümüzde bu tür eklem problemleri olan bireyler için çeşitli tedavi seçenekleri bulunmaktadır. Hastalıkların tedavisinde bazı yöntemler konservatifken, bazıları cerrahi uygulamaları içerir; her iki yaklaşımın da olumlu sonuçları bildirilmektedir.
2. Redüksiyonlu anterior disk deplasmanı tedavisinde kullanılan 3 mm kalınlığa sahip okluzal stabilizasyon splintlerinin, sonlu eleman analizi sonuçlarına göre temporomandibular eklem yapıları üzerindeki stres incelenmiştir. Ancak farklı kalınlıklardaki okluzal stabilizasyon splintlerinin TME'ye etkisi yeni çalışmalarla desteklenmelidir.
3. Temporomandibular eklem diskinin konumundaki değişikliklerin, ekleme ait ligament, kas ve bağ dokuları arasındaki dengesizlik sonucunda meydana geldiği düşünülmektedir.
4. Sonlu Eleman Analizlerinde elde edilen sonuçlar, tahminlere dayalı veya manyetik rezonans görüntüleme ve bilgisayarlı tomografi gibi görüntüleme teknikleri kullanılarak oluşturulan matematiksel modellerden türetilir. Bu durum, sonuçların güvenilirliğini sınırlar; bu nedenle sonlu eleman analizleri, klinik çalışmalarla desteklenmelidir.
5. Çalışma gruplarının kısıtlı sayıda belirlenmiş olması, çalışmamızın limitasyonlarından biridir. Daha ayrıntılı sonuçlar elde etmek ve literatüre katkıda bulunabilmek için, çalışmamız yeni tasarlanan araştırmalarla güçlendirilmelidir.
6. Sonlu eleman analizlerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmak için, daha gelişmiş ve hassas görüntüleme tekniklerinin kullanılması ve matematiksel modellerin daha doğru bir şekilde oluşturulması gerekmektedir. Bu, hem klinik uygulamalar için daha etkili tedavi yöntemlerinin belirlenmesine yardımcı olacak, hem de temporomandibular eklem yapıları ve stres dağılımı hakkındaki bilgilerimizi artıracaktır.
7. Çalışmamızda normal pozisyonda ve anterior konumlu eklem diskinde ön ve orta bölgelerde Von Misses stres yoğunlaşmaları görülmüştür. Diskin anteriorda

konumlandığı durumda; normal pozisyonuna göre stresler daha anterior ve lateral bölgelerde yoğunlaşmaktadır. Eklem kondilinin anterior, posterior lateral ve tepe noktası bölgelerine bakıldığında Minimum Principle stresler(basma gerilimleri) daha baskın izlenmiştir. Bu yönüyle çalışmamız literatürdeki bilgileri desteklemektedir.



KAYNAKLAR

1. Kirk Jr WS, Calabrese DK. Clinical evaluation of physical therapy in the management of internal derangement of the temporomandibular joint. *Journal of oral and maxillofacial surgery*. 1989;47(2):113-119.
2. Dworkin SF, Huggins KH, LeResche L, et al. Epidemiology of signs and symptoms in temporomandibular disorders: clinical signs in cases and controls. *The Journal of the American Dental Association*. 1990;120(3):273-281.
3. Ugboko V, Oginni F, Ajike S, Olosoji H, Adebayo ET. A survey of temporomandibular joint dislocation: aetiology, demographics, risk factors and management in 96 Nigerian cases. *International journal of oral and maxillofacial surgery*. 2005;34(5):499-502.
4. Tsuga K, Akagawa Y, Sakaguchi R, Tsuru H. A short-term evaluation of the effectiveness of stabilization-type occlusal splint therapy for specific symptoms of temporomandibular joint dysfunction syndrome. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1989;61(5):610-613.
5. Paesani D, Westesson P-L, Hatala M, Tallents RH, Kurita K. Prevalence of temporomandibular joint internal derangement in patients with craniomandibular disorders. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1992;101(1):41-47.
6. Elsharkawy T, Ali N. Evaluation of acupuncture and occlusal splint therapy in the treatment of temporomandibular joint disorders. *Egyptian dental journal*. 1995;41(3):1227-1232.
7. Kurita H, Kurashina K, Kotani A. Clinical effect of full coverage occlusal splint therapy for specific temporomandibular disorder conditions and symptoms. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1997;78(5):506-510.
8. Okeson JP. *Management of temporomandibular disorders and occlusion* 1998. .
9. Kreiner M, Betancor E, Clark GT. Occlusal stabilization appliances: evidence of their efficacy. *The Journal of the American Dental Association*. 2001;132(6):770-777.
10. Mori H, Horiuchi S, Nishimura S, et al. Three-dimensional finite element analysis of cartilaginous tissues in human temporomandibular joint during prolonged clenching. *Archives of Oral Biology*. 2010;55(11):879-886.
11. Dalkız M BB. *Temporomandibuler eklem hastalıklarının teşhis ve tedavi yöntemleri*. Ankara: GATA Basımevi 2003
12. V. K. *Temporomandibular eklem disfonksiyon sendromu, romatizmal hastalıkların tanı ve tedavisi* Yücel Yayıncılık 2002.
13. Cunningham DJ. *Text-book of Anatomy*. William Wood; 1909.
14. Hiatt JL. *Textbook of head and neck anatomy*. Jones & Bartlett Publishers; 2020.
15. Stocum DL, Roberts WE. Part I: Development and Physiology of the Temporomandibular Joint. *Curr Osteoporos Rep*. 2018;16(4):360-368.
16. Wong GB, Weinberg S, Symington JM. Morphology of the developing articular disc of the human temporomandibular joint. *J Oral Maxillofac Surg*. 1985;43(8):565-569.
17. Van der Linden EJ, Burdi AR, de Jongh HJ. Critical periods in the prenatal morphogenesis of the human lateral pterygoid muscle, the mandibular condyle, the articular disk, and medial articular capsule. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1987;91(1):22-28.
18. Fonzi L. [Review of the morphogenesis of the mandible and the temporomandibular joint]. *Bull Group Int Rech Sci Stomatol Odontol*. 1999;41(1):48-52.
19. Ogütçen-Toller M, Juniper RP. The embryologic development of the human lateral pterygoid muscle and its relationships with the temporomandibular joint disc and Meckel's cartilage. *J Oral Maxillofac Surg*. 1993;51(7):772-778; discussion 778-779.
20. Dworkin SF, LeResche L. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: review, criteria, examinations and specifications, critique. *J Craniomandib Disord*. 1992;6(4):301-355.

21. Dworkin SF, Huggins KH, LeResche L, et al. Epidemiology of signs and symptoms in temporomandibular disorders: clinical signs in cases and controls. *J Am Dent Assoc.* 1990;120(3):273-281.
22. De Laat A, Stappaerts K, Papy S. Counseling and physical therapy as treatment for myofascial pain of the masticatory system. *Journal of orofacial pain.* 2003;17(1).
23. Mohl ND ZG, Carlsson GE, Rugh JD.. *A Textbook of Occlusion.* Chicago: Quintessence publishing; 1988.
24. Odar İV. . *Anatomi ders kitabı ve atlası* 4.baskı. ed: Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayını; 1963. .
25. Miloro M, Ghali G, Larsen PE, Waite PD. *Peterson's principles of oral and maxillofacial surgery.* Vol 1: Springer; 2004.
26. Tanaka E, Sasaki A, Tahmina K, Yamaguchi K, Mori Y, Tanne K. Mechanical properties of human articular disk and its influence on TMJ loading studied with the finite element method. *J Oral Rehabil.* 2001;28(3):273-279.
27. Kaneyama K, Segami N, Hatta T. Congenital deformities and developmental abnormalities of the mandibular condyle in the temporomandibular joint. *Congenit Anom (Kyoto).* 2008;48(3):118-125.
28. Quinn JH, Stover JD. Arthroscopic management of temporomandibular joint disc perforations and associated advanced chondromalacia by discoplasty and abrasion arthroplasty: A supplemental report. *Journal of oral and maxillofacial surgery.* 1998;56(11):1237-1239.
29. JP. O. *Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion.* 5th edition, St Louis ed: , Mosby Year Book Inc. ; 2003.
30. E. Y. *Temporo-mandibular rahatsızlıklarda teşhis ve tedavi.* İstanbul:: Dilek Matbaacılık; 2000.
31. Burch JG. Activity of the accessory ligaments of the temporomandibular joint. *The Journal of prosthetic dentistry.* 1970;24(6):621-628.
32. Şencimen M, Yalçın B, Doğan N, et al. Anatomical and functional aspects of ligaments between the malleus and the temporomandibular joint. *International journal of oral and maxillofacial surgery.* 2008;37(10):943-947.
33. JP. O. *Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion.* . 6th edition, St Louis, ed: Mosby Year Book Inc. ; 2008.
34. JP. O. *Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion.* 4th edition St Louis ed: Mosby Year Book Inc; 1998.
35. Vazquez JFR, Velasco JRM, Collado JJ. Development of the human sphenomandibular ligament. *The Anatomical Record.* 1992;233(3):453-460.
36. Cheynet F, Guyot L, Richard O, Layoun W, Gola R. Discomalleolar and malleomandibular ligaments: anatomical study and clinical applications. *Surgical and Radiologic Anatomy.* 2003;25(2):152-157.
37. Loughner BA, Larkin LH, Mahan PE. Discomalleolar and anterior malleolar ligaments: possible causes of middle ear damage during temporomandibular joint surgery. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology.* 1989;68(1):14-22.
38. Larheim TA, Westesson PL, Sano T. MR grading of temporomandibular joint fluid: association with disk displacement categories, condyle marrow abnormalities and pain. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2001;30(2):104-112.
39. Larheim TA, Katzberg RW, Westesson PL, Tallents RH, Moss ME. MR evidence of temporomandibular joint fluid and condyle marrow alterations: occurrence in asymptomatic volunteers and symptomatic patients. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2001;30(2):113-117.
40. Huh JK, Kim HG, Ko JY. Magnetic resonance imaging of temporomandibular joint synovial fluid collection and disk morphology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;95(6):665-671.
41. Schmitter M, Rammelsberg P, Hassel A. The prevalence of signs and symptoms of temporomandibular disorders in very old subjects. *J Oral Rehabil.* 2005;32(7):467-473.

42. Clark GT. Diagnosis and treatment of painful temporomandibular disorders. *Dent Clin North Am.* 1987;31(4):645-674.
43. Fayed MM, El-Mangoury NH, El-Bokle DN, Belal AI. Occlusal splint therapy and magnetic resonance imaging. *World J Orthod.* 2004;5(2):133-140.
44. Costen JB. I. A syndrome of ear and sinus symptoms dependent upon disturbed function of the temporomandibular joint. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology.* 1934;43(1):1-15.
45. Desai B, Alkandari N, Laskin DM. How accurate is information about diagnosis and management of temporomandibular disorders on dentist websites? *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology.* 2016;122(3):306-309.
46. Aksüzek Ö, Mumcu E, Ceylan G, Aktas B, Ünal F. Temporomandibular Rahatsızlıkların Tedavisinde Kullanılan Oklüzal Splintler. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry.* 2009;43(1-2):53-57.
47. Arikan H, Çitaker S, Cahit Ü, Özlem Ü. The Relationship Of Pain Catastrophizing And Activity Pain Severity With Biting Force And Jaw Muscle Strength In Individuals With Temporomandibular Dysfunction. *Gazi Sağlık Bilimleri Dergisi.* 6(3):20-27.
48. Schwartz LL. A temporomandibular joint pain-dysfunction syndrome. *Journal of chronic diseases.* 1956;3(3):284-293.
49. Atkinson H, Shepherd R. Temporomandibular joint disturbances and the associated masticatory patterns. *Australian Dental Journal.* 1961;6(4):219-222.
50. Bell YL, Jämsä T, Korri S, Niemi PM, Alanen P. Effect of artificial occlusal interferences depends on previous experience of temporomandibular disorders. *Acta Odontologica Scandinavica.* 2002;60(4):219-222.
51. Schmitter M, Zahran M, Duc J-MP, Henschel V, Rammelsberg P. Conservative therapy in patients with anterior disc displacement without reduction using 2 common splints: a randomized clinical trial. *Journal of oral and maxillofacial surgery.* 2005;63(9):1295-1303.
52. Olesen J, Steiner T. The International classification of headache disorders, 2nd edn (ICDH-II). In. Vol 75: BMJ Publishing Group Ltd; 2004:808-811.
53. Bjordal JM, Couppe C, Chow RT, Tunér J, Ljunggren EA. A systematic review of low level laser therapy with location-specific doses for pain from chronic joint disorders. *Australian journal of physiotherapy.* 2003;49(2):107-116.
54. Murphy MK, MacBarb RF, Wong ME, Athanasiou KA. Temporomandibular joint disorders: a review of etiology, clinical management, and tissue engineering strategies. *The International journal of oral & maxillofacial implants.* 2013;28(6):e393.
55. Barclay P, Hollender LG, Maravilla KR, Truelove EL. Comparison of clinical and magnetic resonance imaging diagnoses in patients with disk displacement in the temporomandibular joint. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology.* 1999;88(1):37-43.
56. CH. W. Internal derangement of the TMJ: Pathologic variations. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 1989.
57. Geng J-P, Tan KB, Liu G-R. Application of finite element analysis in implant dentistry: a review of the literature. *The Journal of prosthetic dentistry.* 2001;85(6):585-598.
58. Molina-Torres G, Rodríguez-Archilla A, Matarán-Peñarrocha G, Albornoz-Cabello M, Aguilar-Ferrándiz ME, Castro-Sánchez AM. Laser Therapy and Occlusal Stabilization Splint for Temporomandibular Disorders in Patients With Fibromyalgia Syndrome: A Randomized, Clinical Trial. *Altern Ther Health Med.* 2016;22(5):23-31.
59. Lendraitienė E, Smilgienė L, Petruseviciene D, Savickas R. Changes and associations between cervical range of motion, pain, temporomandibular joint range of motion and quality of life in individuals with migraine applying physiotherapy: a pilot study. *Medicina.* 2021;57(6):630.

60. Kurita K, Westesson P-L, Yuasa H, Toyama M, Machida J, Ogi N. Natural course of untreated symptomatic temporomandibular joint disc displacement without reduction. *Journal of dental research*. 1998;77(2):361-365.
61. Klasser GD, Okeson JP. The clinical usefulness of surface electromyography in the diagnosis and treatment of temporomandibular disorders. *The Journal of the American Dental Association*. 2006;137(6):763-771.
62. Kaya K, Delialioğlu Sü, Babadağ M, et al. Combined physiotherapy in patients with arthrogenous pain of temporomandibular joint. *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Bilimleri Dergisi*. 2010;13(1):6-14.
63. Nitzan DW, Kreiner B, Zeltser R. TMJ lubrication system: its effect on the joint function, dysfunction, and treatment approach. *Compend Contin Educ Dent*. 2004;25(6):437-438, 440, 443-434 passim; quiz 449, 471.
64. Anderson GC, Schulte JK, Goodkind RJ. Comparative study of two treatment methods for internal derangement of the temporomandibular joint. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1985;53(3):392-397.
65. Aristeguieta LMR, Acuña LEB, Ortiz GPS. A Direct Anatomical Study of the Morphology and Functionality of Disco-malleolar and Anterior Malleolar Ligaments. *International Journal of Morphology*. 2009;27(2).
66. Bueno C, Pereira D, Pattussi M, Grossi P, Grossi M. Gender differences in temporomandibular disorders in adult populational studies: a systematic review and meta-analysis. *Journal of oral rehabilitation*. 2018;45(9):720-729.
67. Candirli C, Korkmaz Y, Celikoglu M, Altintas S, Coskun U, Memis S. Dentists' knowledge of occlusal splint therapy for bruxism and temporomandibular joint disorders. *Nigerian journal of clinical practice*. 2016;19(4):496-501.
68. Chen J, Xu L. A finite element analysis of the human temporomandibular joint. 1994.
69. Wilkes CH. Internal derangements of the temporomandibular joint: pathological variations. *Archives of otolaryngology-head & neck surgery*. 1989;115(4):469-477.
70. Yatani H, Studts J, Cordova M, Carlson CR, Okeson J. Comparison of sleep quality and clinical and psychologic characteristics in patients with temporomandibular disorders. *Journal of orofacial pain*. 2002;16(3):221-228.
71. Okeson JP, Kemper JT, Moody PM. A study of the use of occlusion splints in the treatment of acute and chronic patients with craniomandibular disorders. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1982;48(6):708-712.
72. Rubo JH, Capello Souza EA. Finite-element analysis of stress on dental implant prosthesis. *Clinical implant dentistry and related research*. 2010;12(2):105-113.
73. Srivastava R, Jyoti B, Devi P. Oral splint for temporomandibular joint disorders with revolutionary fluid system. *Dental research journal*. 2013;10(3).
74. Tasaki MM, Westesson P-L. Temporomandibular joint: diagnostic accuracy with sagittal and coronal MR imaging. *Radiology*. 1993;186(3):723-729.
75. Okeson JP, de Leeuw R. Differential diagnosis of temporomandibular disorders and other orofacial pain disorders. *Dental Clinics*. 2011;55(1):105-120.
76. Schiffman E, Ohrbach R, Truelove E, et al. Diagnostic criteria for temporomandibular disorders (DC/TMD) for clinical and research applications. 2014.
77. Ohrbach R, Gonzalez Y, List T, Michelotti A, Schiffman E. Diagnostic criteria for temporomandibular disorders (DC/TMD) clinical examination protocol. Available online at: www.rdc-tmdinternational.org (accessed June 02, 2013). 2014.
78. Michelotti A, Alstergren P, Goulet J, et al. Next steps in development of the diagnostic criteria for temporomandibular disorders (DC/TMD): Recommendations from the International RDC/TMD Consortium Network workshop. *Journal of oral rehabilitation*. 2016;43(6):453-467.
79. Graue AM, Jokstad A, Assmus J, Skeie MS. Prevalence among adolescents in Bergen, Western Norway, of temporomandibular disorders according to the DC/TMD criteria and examination protocol. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2016;74(6):449-455.

80. Dijkstra PU, de Bont LG, Stegenga B, Boering G. Temporomandibular joint osteoarthritis and generalized joint hypermobility. *CRANIO®*. 1992;10(3):221-227.
81. Dhannawat P, Shrivastav S, Ranjit K, Banerjee S. Different Types of Occlusal Splint Used in Management of Temporomandibular Joint Disorders-A Review. *Eur J Mol Clin Med*. 2020;7(7):1787-1794.
82. Donzelli PS, Gallo LM, Spilker RL, Palla S. Biphasic finite element simulation of the TMJ disc from in vivo kinematic and geometric measurements. *Journal of biomechanics*. 2004;37(11):1787-1791.
83. Rammelsberg P, Pospiech PR, Jäger L, Duc J-MP, Böhm AO, Gernet W. Variability of disk position in asymptomatic volunteers and patients with internal derangements of the TMJ. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 1997;83(3):393-399.
84. Felstead AM, Revington PJ. Surgical management of temporomandibular joint ankylosis in ankylosing spondylitis. *International Journal of Rheumatology*. 2011;2011.
85. Gangarosa Sr LP, Mahan PE, Ciarlone AE. Pharmacologic management of temporomandibular joint disorders and chronic head and neck pain. *CRANIO®*. 1991;9(4):328-338.
86. Gil-Martínez A, Fernández-Carnero J, Armijo-Olivo S. Physiotherapy in the Postoperative Period of Temporomandibular Joint Surgery. *Atlas of the Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*. 2022;30(2):247-254.
87. Gümrükçü Z, Sevda K. Sonlu Elemanlar Stres Analizi Yönteminin İmplant Cerrahisinde Kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2019;29(3):534-541.
88. Glaros A, Owais Z, Lausten L. Reduction in parafunctional activity: a potential mechanism for the effectiveness of splint therapy. *Journal of oral rehabilitation*. 2007;34(2):97-104.
89. Haïter-Neto F, Hollender L, Barclay P, Maravilla KR. Disk position and the bilaminar zone of the temporomandibular joint in asymptomatic young individuals by magnetic resonance imaging. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2002;94(3):372-378.
90. Hasegawa Y, Kakimoto N, Tomita S, et al. Movement of the mandibular condyle and articular disc on placement of an occlusal splint. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011;112(5):640-647.
91. Hermans R, Termote JL, Marchal G, Baert AL. Temporomandibular joint imaging. *Curr Opin Radiol*. 1992;4(1):141-147.
92. Hintze H, Wiese M, Wenzel A. Cone beam CT and conventional tomography for the detection of morphological temporomandibular joint changes. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2007;36(4):192-197.
93. Holmgren EP, Seckinger RJ, Kilgren LM, Mante F. Evaluating parameters of osseointegrated dental implants using finite element analysis a two-dimensional comparative study examining the effects of implant diameter, implant shape, and load direction. *Journal of Oral Implantology*. 1998;24(2):80-88.
94. Hsu M-L, Chang C-L. Application of finite element analysis in dentistry. *Finite Element Analysis*. 2010;5:43-46.
95. Keyak J, Fourkas M, Meagher J, Skinner H. Validation of an automated method of three-dimensional finite element modelling of bone. *Journal of biomedical engineering*. 1993;15(6):505-509.
96. Jun Y-w, Huh Y-M, Choi J-s, et al. Nanoscale size effect of magnetic nanocrystals and their utilization for cancer diagnosis via magnetic resonance imaging. *Journal of the American Chemical Society*. 2005;127(16):5732-5733.
97. Katsoulis J, Richter M. Efficacy of specific physiotherapy for temporomandibular joint dysfunction of muscular origin. *Revue de stomatologie et de chirurgie maxillo-faciale*. 2007;109(1):9-14.

98. Paço M, Peleteiro B, Duarte J, Pinho T. The effectiveness of physiotherapy in the management of temporomandibular disorders: a systematic review and meta-analysis. *J Oral Facial Pain Headache*. 2016;30(3):210-220.
99. Okeson JP, Moody PM, Kemper JT, Haley JV. Evaluation of occlusal splint therapy and relaxation procedures in patients with temporomandibular disorders. *Journal of the American Dental Association (1939)*. 1983;107(3):420-424.
100. Nascimento LLd, Amorim CF, Giannasi LC, et al. Occlusal splint for sleep bruxism: an electromyographic associated to Helkimo Index evaluation. *Sleep and Breathing*. 2008;12(3):275-280.
101. Nicolakis P, Erdogmus B, Kopf A, et al. Effectiveness of exercise therapy in patients with internal derangement of the temporomandibular joint. *Journal of oral rehabilitation*. 2001;28(12):1158-1164.
102. Murakami K. Rationale of arthroscopic surgery of the temporomandibular joint. *Journal of oral biology and craniofacial research*. 2013;3(3):126-134.
103. Tanaka A, Kumagai S, Kawashiri S, et al. Expression of matrix metalloproteinase-2 and-9 in synovial fluid of the temporomandibular joint accompanied by anterior disc displacement. *Journal of oral pathology & medicine*. 2001;30(1):59-64.
104. Yahaya N, Yahaya A, Tamyas FA, Ismail J, Jaalam S. The effect of various modes of occupational stress, job satisfaction, intention to leave and absentism companies commission of Malaysia. *Australian Journal of basic and applied sciences*. 2010;4(7):1676-1684.
105. Zienkiewicz OC, Gago JDS, Kelly DW. The hierarchical concept in finite element analysis. *Computers & Structures*. 1983;16(1-4):53-65.
106. Zhang C, Wu J-Y, Deng D-L, et al. Efficacy of splint therapy for the management of temporomandibular disorders: a meta-analysis. *Oncotarget*. 2016;7(51):84043.
107. Okeson JP. Current terminology and diagnostic classification schemes. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 1997;83(1):61-64.
108. Akinbami BO. Evaluation of the mechanism and principles of management of temporomandibular joint dislocation. Systematic review of literature and a proposed new classification of temporomandibular joint dislocation. *Head & Face Medicine*. 2011;7(1):1-9.
109. Cheong RCT, Kassam K, Eccles S, Hensher R. Congenital temporomandibular joint ankylosis: case report and literature review. *Case Reports in Otolaryngology*. 2016;2016.
110. De Meurechy NKG, Loos PJ, Mommaerts MY. Postoperative Physiotherapy After Open Temporomandibular Joint Surgery: A 3-Step Program. *J Oral Maxillofac Surg*. 2019;77(5):932-950.
111. Poluha RL, Canales GDIT, Costa YM, Grossmann E, Bonjardim LR, Conti PCR. Temporomandibular joint disc displacement with reduction: a review of mechanisms and clinical presentation. *Journal of Applied Oral Science*. 2019;27.
112. Lundh H, Westesson P-L, Eriksson L, Brooks SL. Temporomandibular joint disk displacement without reduction: treatment with flat occlusal splint versus no treatment. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1992;73(6):655-658.
113. Katzberg RW, Westesson P-L, Tallents RH, Drake CM. Anatomic disorders of the temporomandibular joint disc in asymptomatic subjects. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 1996;54(2):147-153.
114. Prechel U, Ottl P, Ahlers OM, Neff A. The treatment of temporomandibular joint dislocation: A systematic review. *Deutsches Aerzteblatt International*. 2018;115(5):59.
115. Andre A, Kang J, Dym H. Pharmacologic Treatment for Temporomandibular and Temporomandibular Joint Disorders. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics*. 2022;34(1):49-59.
116. Bae SS, Aronovich S. Trauma to the Pediatric Temporomandibular Joint. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2018;30(1):47-60.

117. Baiamonte T, Abbate M, Pizzarello F, Lozada J, James R. The experimental verification of the efficacy of finite element modeling to dental implant systems. *The Journal of oral implantology*. 1996;22(2):104-110.
118. Balasubramaniam R, Klasser G, Cistulli P, Lavigne G. The link between sleep bruxism, sleep disordered breathing and temporomandibular disorders: an evidence-based review. *J Dent Sleep Med*. 2014;1(1):27-37.
119. Beard CC, Clayton JA. Effects of occlusal splint therapy on TMJ dysfunction. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1980;44(3):324-335.
120. Holmes DC, Loftus JT. Influence of bone quality on stress distribution for endosseous implants. *The Journal of oral implantology*. 1997;23(3):104-111.
121. Tatli U, Benlidayi M, Ekren O, Salimov F. Comparison of the effectiveness of three different treatment methods for temporomandibular joint disc displacement without reduction. *International journal of oral and maxillofacial surgery*. 2017;46(5):603-609.
122. Emshoff R, Jank S, Bertram S, Rudisch A, Bodner G. Disk displacement of the temporomandibular joint: sonography versus MR imaging. *American Journal of Roentgenology*. 2002;178(6):1557-1562.
123. Westesson P, Brooks S. Temporomandibular joint: relationship between MR evidence of effusion and the presence of pain and disk displacement. *AJR American journal of roentgenology*. 1992;159(3):559-563.
124. Larheim TA, Westesson P-L, Sano T. MR grading of temporomandibular joint fluid: association with disk displacement categories, condyle marrow abnormalities and pain. *International journal of oral and maxillofacial surgery*. 2001;30(2):104-112.
125. Wänman A, Marklund S. Treatment outcome of supervised exercise, home exercise and bite splint therapy, respectively, in patients with symptomatic disc displacement with reduction: A randomised clinical trial. *J Oral Rehabil*. 2020;47(2):143-149.
126. Zheng ZW, Yang C, Wang MH, Zhu XH, Fang YM. Non-joint effusion is associated with osteoarthritis in temporomandibular joints with disk displacement. *J Craniomaxillofac Surg*. 2016;44(1):1-5.
127. Pinto GNS, Grossmann E, Iwaki Filho L, et al. Correlation between joint effusion and morphology of the articular disc within the temporomandibular joint as viewed in the sagittal plane in patients with chronic disc displacement with reduction: A retrospective analytical study from magnetic resonance imaging. *Cranio*. 2021;39(2):119-124.
128. Higuchi K, Chiba M, Sai Y, et al. Relationship between temporomandibular joint pain and magnetic resonance imaging findings in patients with temporomandibular joint disorders. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2020;49(2):230-236.
129. Poluha RL, Cunha CO, Bonjardim LR, Conti PCR. Temporomandibular joint morphology does not influence the presence of arthralgia in patients with disk displacement with reduction: a magnetic resonance imaging-based study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2020;129(2):149-157.
130. Vogl TJ, Lauer H-C, Lehnert T, et al. The value of MRI in patients with temporomandibular joint dysfunction: correlation of MRI and clinical findings. *European journal of radiology*. 2016;85(4):714-719.
131. Al-Saleh MA, Alsufyani NA, Saltaji H, Jaremko JL, Major PW. MRI and CBCT image registration of temporomandibular joint: a systematic review. *Journal of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*. 2016;45(1):1-7.
132. Ögütçen-Toller M, Taşkaya-Yılmaz N, Yılmaz F. The evaluation of temporomandibular joint disc position in TMJ disorders using MRI. *International journal of oral and maxillofacial surgery*. 2002;31(6):603-607.
133. Katzberg RW. Temporomandibular joint imaging. *Radiology*. 1989;170(2):297-307.
134. dos Anjos Pontual M, Freire J, Barbosa J, Frazão M, dos Anjos Pontual A, Fonseca da Silveira M. Evaluation of bone changes in the temporomandibular joint using cone beam CT. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2012;41(1):24-29.
135. Movahed R, Mercuri LG. Management of temporomandibular joint ankylosis. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics*. 2015;27(1):27-35.

136. Sidebottom AJ. Current thinking in temporomandibular joint management. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2009;47(2):91-94.
137. Kaban LB, Bouchard C, Troulis MJ. A protocol for management of temporomandibular joint ankylosis in children. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2009;67(9):1966-1978.
138. Zhi K, Ren W, Zhou H, et al. Management of temporomandibular joint ankylosis: 11 years' clinical experience. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2009;108(5):687-692.
139. Murakami K, Hosaka H, Moriya Y, Segami N, Iizuka T. Short-term treatment outcome study for the management of temporomandibular joint closed lock: a comparison of arthrocentesis to nonsurgical therapy and arthroscopic lysis and lavage. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 1995;80(3):253-257.
140. Rajapakse S, Ahmed N, Sidebottom A. Current thinking about the management of dysfunction of the temporomandibular joint: a review. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2017;55(4):351-356.
141. Walker RV, Kalamchi S. A surgical technique for management of internal derangement of the temporomandibular joint. *Journal of oral and maxillofacial surgery*. 1987;45(4):299-305.
142. Al-Moraissi E, El-Sharkawy T, Mounair R, El-Ghareeb T. A systematic review and meta-analysis of the clinical outcomes for various surgical modalities in the management of temporomandibular joint ankylosis. *International journal of oral and maxillofacial surgery*. 2015;44(4):470-482.
143. Katsnelson A, Markiewicz MR, Keith DA, Dodson TB. Operative management of temporomandibular joint ankylosis: a systematic review and meta-analysis. *Journal of oral and maxillofacial surgery*. 2012;70(3):531-536.
144. Gray R, Quayle A, Hall C, Schofield M. Physiotherapy in the treatment of temporomandibular joint disorders: a comparative study of four treatment methods. *British Dental Journal*. 1994;176(7):257-261.
145. Dostalová T, Hlinakova P, Kasparova M, Rehacek A, Vavrickova L, Navrátil L. Effectiveness of physiotherapy and GaAlAs laser in the management of temporomandibular joint disorders. *Photomedicine and laser surgery*. 2012;30(5):275-280.
146. Oh D, Kim K, Lee G. The effect of physiotherapy on post-temporomandibular joint surgery patients. *Journal of oral rehabilitation*. 2002;29(5):441-446.
147. Piech J, Pihut M, Kulesa-Mrowiecka M. Physiotherapy in hypomobility of temporomandibular joints. *Folia Medica Cracoviensia*. 2020;60(2).
148. Selby A. Physiotherapy in the management of temporomandibular disorders. *Australian Dental Journal*. 1985;30(4):273-280.
149. Shousha TM, Soliman ES, Behiry MA. The effect of a short term conservative physiotherapy versus occlusive splinting on pain and range of motion in cases of myogenic temporomandibular joint dysfunction: a randomized controlled trial. *Journal of physical therapy science*. 2018;30(9):1156-1160.
150. Goudot P, Jaquinet AR, Hugonnet S, Haeffliger W, Richter M. Improvement of pain and function after arthroscopy and arthrocentesis of the temporomandibular joint: a comparative study. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2000;28(1):39-43.
151. Breton-Torres I, Trichot S, Yachouh J, Jammet P. Temporomandibular joint disorders: Physiotherapy and postural approaches. *Revue de Stomatologie, de Chirurgie Maxillo-faciale et de Chirurgie Orale*. 2016;117(4):217-222.
152. Trott PH, Goss AN. Physiotherapy in diagnosis and treatment of the myofascial pain dysfunction syndrome. *International journal of oral surgery*. 1978;7(4):360-365.
153. Derwich M, Mitus-Kenig M, Pawlowska E. Interdisciplinary approach to the temporomandibular joint Osteoarthritis—Review of the literature. *Medicina*. 2020;56(5):225.

154. Smékal D, Velebová K, Hanáková D, Lepšíková M. The effectiveness of specific physiotherapy in the treatment of temporomandibular disorders. *Acta Univ Palacki Olomuc.* 2008;38(2):45-53.
155. Kalamchi S, Walker RV. Silastic implant as a part of temporomandibular joint arthroplasty. Evaluation of its efficacy. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* 1987;25(3):227-236.
156. Potdar S, Devadoss VJ, Choudary N, Tiwari R, Pandey P, Mahajan S. Epidemiological study of temporomandibular joint ankylosis cases in a tertiary center. *Int J Appl Dent Sci.* 2019;5:142-145.
157. Foster M, Gray R, Davies S, Macfarlane T. Therapeutic manipulation of the temporomandibular joint. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* 2000;38(6):641-644.
158. Lendraitienė E, Smilgienė L, Petruseviciene D, Savickas R. Changes and Associations between Cervical Range of Motion, Pain, Temporomandibular Joint Range of Motion and Quality of Life in Individuals with Migraine Applying Physiotherapy: A Pilot Study. *Medicina (Kaunas).* 2021;57(6).
159. Uppal N. Mandibular Physiotherapy for Trauma to the Temporomandibular Joint. *Indian J Pediatr.* 2019;86(3):222-223.
160. McNeely ML, Armijo Olivo S, Magee DJ. A systematic review of the effectiveness of physical therapy interventions for temporomandibular disorders. *Physical therapy.* 2006;86(5):710-725.
161. Ahrari F, Madani AS, Ghafouri ZS, Tunér J. The efficacy of low-level laser therapy for the treatment of myogenous temporomandibular joint disorder. *Lasers in medical science.* 2014;29(2):551-557.
162. Rashid A, Matthews NS, Cowgill H. Physiotherapy in the management of disorders of the temporomandibular joint—perceived effectiveness and access to services: a national United Kingdom survey. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* 2013;51(1):52-57.
163. Okeson J. Long-term treatment of disk-interference disorders of the temporomandibular joint with anterior repositioning occlusal splints. *The Journal of prosthetic dentistry.* 1988;60(5):611-616.
164. Lundh H, Westesson P-L, Jisander S, Eriksson L. Disk-repositioning onlays in the treatment of temporomandibular joint disk displacement: comparison with a flat occlusal splint and with no treatment. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology.* 1988;66(2):155-162.
165. Lotze M, Lucas C, Domin M, Kordass B. The cerebral representation of temporomandibular joint occlusion and its alternation by occlusal splints. *Human brain mapping.* 2012;33(12):2984-2993.
166. Tvrdý P, Heinz P, Zapletalová J, Pink R, Michl P. Effect of combination therapy of arthrocentesis and occlusal splint on nonreducing temporomandibular joint disk displacement. *Biomedical Papers.* 2015;159(4):677-680.
167. Chang SW, Chuang CY, Li JR, Lin CY, Chiu CT. Treatment effects of maxillary flat occlusal splints for painful clicking of the temporomandibular joint. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences.* 2010;26(6):299-307.
168. Felício C, Rodrigues da Silva M, Mazzetto MO, Centola A. Myofunctional therapy combined with occlusal splint in treatment of temporomandibular joint dysfunction-pain syndrome. *Braz Dent J.* 1991;2(1):27-33.
169. Lundh H, Westesson P-L, Kopp S. A three-year follow-up of patients with reciprocal temporomandibular joint clicking. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology.* 1987;63(5):530-533.
170. Lundh H, Westesson P-L, Kopp S, Tillström B. Anterior repositioning splint in the treatment of temporomandibular joints with reciprocal clicking: comparison with a flat occlusal splint and an untreated control group. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology.* 1985;60(2):131-136.

171. Mujakperuo HR, Watson M, Morrison R, Macfarlane TV. Pharmacological interventions for pain in patients with temporomandibular disorders. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2010(10).
172. List T, Axelsson S, Leijon G. Pharmacologic interventions in the treatment of temporomandibular disorders, atypical facial pain, and burning mouth syndrome. A qualitative systematic review. *Journal of orofacial pain*. 2003;17(4).
173. Rizzatti-Barbosa CM, Nogueira MT, De Andrade ED, Ambrosano GM, de Albergaria Barbosa JR. Clinical evaluation of amitriptyline for the control of chronic pain caused by temporomandibular joint disorders. *CRANIO®*. 2003;21(3):221-225.
174. Denadai-Souza A, Cenac N, Casatti CA, et al. PAR2 and temporomandibular joint inflammation in the rat. *Journal of dental research*. 2010;89(10):1123-1128.
175. Gondim DV, Araújo JCB, Cavalcante ALC, et al. CB1 and CB2 contribute to antinociceptive and anti-inflammatory effects of electroacupuncture on experimental arthritis of the rat temporomandibular joint. *Canadian journal of physiology and pharmacology*. 2012;90(11):1479-1489.
176. Fanton L, Macedo C, Torres-Chávez K, Fischer L, Tambeli C. Activational action of testosterone on androgen receptors protects males preventing temporomandibular joint pain. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*. 2017;152:30-35.
177. Jokstad A. Some evidence for the management temporomandibular joint disorders. *Evidence-Based Dentistry*. 2012;13(1):27-28.
178. Quinteiro MS, Napimoga MH, Macedo CG, et al. 15-deoxy- Δ 12, 14-prostaglandin J2 reduces albumin-induced arthritis in temporomandibular joint of rats. *European Journal of Pharmacology*. 2014;740:58-65.
179. Hornung RS, Benton WL, Tongkhuya S, Uphouse L, Kramer PR, Averitt DL. Progesterone and allopregnanolone rapidly attenuate estrogen-associated mechanical allodynia in rats with persistent temporomandibular joint inflammation. *Frontiers in Integrative Neuroscience*. 2020;14:26.
180. Danzig WN, Van Dyke AR. Physical therapy as an adjunct to temporomandibular joint therapy. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1983;49(1):96-99.
181. Emshoff R, Bösch R, Pümpel E, Schöning H, Strobl H. Low-level laser therapy for treatment of temporomandibular joint pain: a double-blind and placebo-controlled trial. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2008;105(4):452-456.
182. Kropmans TJ, Dijkstra P, Stegenga B, De Bont L. Therapeutic outcome assessment in permanent temporomandibular joint disc displacement. *Journal of Oral Rehabilitation*. 1999;26(5):357-363.
183. Giannakopoulos HE, Sinn DP, Quinn PD. Biomet microfixation temporomandibular joint replacement system: a 3-year follow-up study of patients treated during 1995 to 2005. *Journal of oral and maxillofacial surgery*. 2012;70(4):787-794.
184. McCarty WL, Farrar WB. Surgery for internal derangements of the temporomandibular joint. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1979;42(2):191-196.
185. Dolwick MF. Temporomandibular joint surgery for internal derangement. *Dental Clinics*. 2007;51(1):195-208.
186. Dolwick M, Dimitroulis G. Is there a role for temporomandibular joint surgery? *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 1994;32(5):307-313.
187. Assunção WG, Barão VAR, Tabata LF, Gomes ÉA, Delben JA, dos Santos PH. Biomechanics studies in dentistry: bioengineering applied in oral implantology. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2009;20(4):1173-1177.
188. Trivedi S. Finite element analysis: A boon to dentistry. *Journal of oral biology and craniofacial research*. 2014;4(3):200-203.
189. MEYER Gv. Die Architectur der Spongiosa, Archiv für Anatomie. *Physiologie und Wissenschaftliche Medizin*. 1867;34:615-625.
190. Roux W. Beiträge zur Morphologie der funktionellen Anpassung. *Arch Anat Physiol Anat Abt*. 1885:120-185.

191. Wolff J. Ueber die innere Architectur der Knochen und ihre Bedeutung für die Frage vom Knochenwachsthum. *Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie und für klinische Medicin*. 1870;50:389-450.
192. Brekelmans W, Poort H, Slooff T. A new method to analyse the mechanical behaviour of skeletal parts. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 1972;43(5):301-317.
193. Toridis TG. Stress analysis of the femur. *Journal of biomechanics*. 1969;2(2):163-174.
194. Gultekin BA, Gultekin P, Yalcin S. Application of finite element analysis in implant dentistry. *Finite Element Analysisd New Trends and Developments Rijeka, Croatia: Intech*. 2012;21-54.
195. İLGÜN A, KORKMAZ HH, MALKOÇ S, BAŞÇİFTÇİ FA. İnsan Mandibulasında Sonlu Elemanlar Metodu Kullanılarak Gerilme Analizi Yapılması. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 2004;19(1):29-38.
196. Fidancıoğlu YD. Travmatize dişlere uygulanan farklı splint türlerinin oluşturduğu streslerin sonlu elemanlar analizi ile değerlendirilmesi. 2020.
197. Srirekha A, Bashetty K. Infinite to finite: an overview of finite element analysis. *Indian Journal of Dental Research*. 2010;21(3):425.
198. Bhavikatti S. *Finite element analysis*. New Age International; 2005.
199. Irons BM. A frontal solution program for finite element analysis. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*. 1970;2(1):5-32.
200. Newman Jr J. A Finite-Element Analysis of Fatigue Crack. *Mechanics of crack growth*. 1976:281.
201. Chen J, Akyuz U, Xu L, Pidaparti R. Stress analysis of the human temporomandibular joint. *Medical engineering & physics*. 1998;20(8):565-572.
202. Ingawale S, Goswami T. Temporomandibular joint: disorders, treatments, and biomechanics. *Annals of biomedical engineering*. 2009;37(5):976-996.
203. Kuhlemeyer RL, Lysmer J. Finite element method accuracy for wave propagation problems. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*. 1973;99(5):421-427.
204. Poluha RL, Canales GT, Costa YM, Grossmann E, Bonjardim LR, Conti PCR. Temporomandibular joint disc displacement with reduction: a review of mechanisms and clinical presentation. *J Appl Oral Sci*. 2019;27:e20180433.
205. Murakami S, Maeda Y, Ghanem A, Uchiyama Y, Kreiborg S. Influence of mouthguard on temporomandibular joint. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2008;18(5):591-595.
206. Lehman-Grimes SP. A review of temporomandibular disorder and an analysis of mandibular motion. 2005.
207. Wangworawut Y, Hwang PH. The association between operation time and post-operative pain in endoscopic sinonasal surgery. Short title: Operative time and post-op pain after ESS. *TMJ*. 2020;20(3):205-214.
208. Belli Pasqua R. Forme della propaganda imperiale nel dodecaneso: un ritratto di Agrippina minore da Kos. *Forme della propaganda imperiale nel dodecaneso: un ritratto di Agrippina minore da Kos*. 2018:333-355.
209. Roh H-S, Kim W, Kim Y-K, Lee J-Y. Relationships between disk displacement, joint effusion, and degenerative changes of the TMJ in TMD patients based on MRI findings. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2012;40(3):283-286.
210. Larheim TA. Current trends in temporomandibular joint imaging. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 1995;80(5):555-576.
211. Piehslinger E, Schimmerl S, Celar A, Crowley C, Imhof H. Comparison of magnetic resonance tomography with computerized axiography in diagnosis of temporomandibular joint disorders. *International journal of oral and maxillofacial surgery*. 1995;24(1):13-19.
212. Norton MR. An in vitro evaluation of the strength of an internal conical interface compared to a butt joint interface in implant design. *Clinical Oral Implants Research*. 1997;8(4):290-298.

213. Akça K, Cehreli MC, İplikçioğlu H. Evaluation of the mechanical characteristics of the implant–abutment complex of a reduced-diameter morse-taper implant: A nonlinear finite element stress analysis. *Clinical Oral Implants Research*. 2003;14(4):444-454.
214. Belli S, Eraslan Ö, Eraslan O, Eskitaşcıoğlu G. Effect of restoration technique on stress distribution in roots with flared canals: an FEA study. *J Adhes Dent*. 2014;16(2):185-191.
215. Friberg B, Sennerby L, Roos J, Lekholm U. Identification of bone quality in conjunction with insertion of titanium implants. A pilot study in jaw autopsy specimens. *Clinical oral implants research*. 1995;6(4):213-219.
216. Cruz M, Wassall T, Toledo EM, da Silva Barra LP, de Castro Lemonge AC. Three-dimensional finite element stress analysis of a cuneiform-geometry implant. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2003;18(5).
217. Bereznicki T, Barry E, Wilson N. Unintended changes to the occlusion following the provision of night guards. *British Dental Journal*. 2018;225(8):715-722.
218. Alvarez-Arenal A, Junquera L, Fernandez J, Gonzalez I, Olay S. Effect of occlusal splint and transcutaneous electric nerve stimulation on the signs and symptoms of temporomandibular disorders in patients with bruxism. *Journal of oral rehabilitation*. 2002;29(9):858-863.
219. Tanaka E, Del Pozo R, Tanaka M, et al. Three-dimensional finite element analysis of human temporomandibular joint with and without disc displacement during jaw opening. *Medical engineering & physics*. 2004;26(6):503-511.
220. Alexandridis C, Thanos CE, Caputo AA. Distribution of stress patterns in the human zygomatic arch and bone. *J Oral Rehabil*. 1981;8(6):495-505.
221. Bag AK, Gaddikeri S, Singhal A, et al. Imaging of the temporomandibular joint: An update. *World journal of radiology*. 2014;6(8):567.
222. Ali HM. Diagnostic criteria for temporomandibular joint disorders: a physiotherapist's perspective. *Physiotherapy*. 2002;88(7):421-426.
223. Paulsen HU. Morphological changes of the TMJ condyles of 100 patients treated with the Herbst appliance in the period of puberty to adulthood: a long-term radiographic study. *European Journal of Orthodontics*. 1997;19(6):657-668.
224. Naini RB, Nokar S. Three-dimensional finite element analysis of the effect of 1-piece superstructure on mandibular flexure. *Implant Dentistry*. 2009;18(5):428-437.
225. Kumar R, Pallagatti S, Sheikh S, Mittal A, Gupta D, Gupta S. Suppl 2: M4: Correlation etween Clinical Findings of Temporomandibular Disorders and MRI Characteristics of Disc Displacement. *The open dentistry journal*. 2015;9:273.
226. Zhang C, Wu JY, Deng DL, et al. Efficacy of splint therapy for the management of temporomandibular disorders: a meta-analysis. *Oncotarget*. 2016;7(51):84043-84053.
227. Jokstad A, Mo A, Krogstad BS. Clinical comparison between two different splint designs for temporomandibular disorder therapy. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2005;63(4):218-226.
228. Kaneyama K, Segami N, Hatta T. Congenital deformities and developmental abnormalities of the mandibular condyle in the temporomandibular joint. *Congenital anomalies*. 2008;48(3):118-125.
229. Kütük N, Baş B, Soylu E, et al. Effect of platelet-rich plasma on fibrocartilage, cartilage, and bone repair in temporomandibular joint. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2014;72(2):277-284.
230. Aksoy S, Orhan K. Temporomandibular eklem görüntüleme yöntemleri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2010;11(2):69-78.
231. Al-Ani MZ, Davies SJ, Gray RJ, Sloan P, Glennly AM. Stabilisation splint therapy for temporomandibular pain dysfunction syndrome. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2004(1).