

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

MANDİBULAR KONDİL KIRIKLARININ CERRAHİ TEDAVİSİNDE
UYGULANAN ÇEŞİTLİ FİKSASYON SİSTEMLERİNİN BİYOMEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN İN VİTRO OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI

DOKTORA TEZİ
DT. M. MELİH ÖMEZLİ

TEZ YÖNETİCİSİ:
PROF. DR. ERTUNÇ DAYI

ERZURUM- 2011

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AĞIZ, DİŞ, ÇENE HASTALIKLARI VE CERRAHİSİ ANABİLİM DALI DOKTORA PROGRAMI

MANDİBULAR KONDİL KIRIKLARININ CERRAHİ TEDAVİSİNDE
UYGULANAN ÇEŞİTLİ FİKSASYON SİSTEMLERİNİN BİYOMEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN İN VİTRO OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI

Dt. M. Melih ÖMEZLİ

Tez Savunma Tarihi :29 Eylül 2011

Tez Danışmanı :Prof.Dr. Ertunç DAYI

Jüri Üyesi :Prof.Dr. Ömer KAYA

Jüri Üyesi: :Prof.Dr. Behçet EROL

Jüri Üyesi: :Prof.Dr. Cemal GÜNDOĞDU

Jüri Üyesi: :Prof.Dr. Ümit ERTAŞ

Prof. Dr. İsmail CEYLAN

Sağlık Bilimleri Enstitü Müdürü

Doktora Tezi

Erzurum-2011

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR	III
ÖZGEÇMİŞ	IV
ÖZET	V
ABSTRACT.....	VII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Tarihsel Gelişim	3
2.2. Mandibula Kırıklarının Lokalizasyonu	9
2.3. Mandibular Kondilin Anatomisi	10
2.4. Mandibula Kondil Kırıklarının Etiyolojisi.....	12
2.5. Kondil kırıklarının Sınıflandırılması.....	14
2.6. Kondil Kırıklarının Tanısı.....	16
2.7. Mandibular Kondil Kırıklarını Görüntüleme Yöntemleri.....	18
2.8. Mandibula Kondil Kırıklarının Tedavisi.....	20
2.8.1. Kapalı Redüksiyon (Konservatif Tedavi)	22
2.8.2. Açık Redüksiyon (Cerrahi Tedavi)	23
2.8.2.1 Mandibular Kondil Kırıklarının Cerrahi Tedavi Endikasyonları.....	23
2.8.2.2. Mandibular Kondil Kırıklarında Cerrahi Tedavi Yaklaşımları.....	25
2.8.2.2.1. İntra-oral Yaklaşım	25
2.8.2.2.2. Preaurikular Yaklaşım.....	25
2.8.2.2.3. Retromandibular Yaklaşım	25
2.8.2.2.4. Submandibular Yaklaşım	26
2.8.2.2.5. Face-Lift (Ritidektomi) Yaklaşımı.....	26
2.8.2.2.6. Endoskopik yaklaşım	26
2.9. Mandibular Kondil Kırıklarında Açık ve Kapalı Redüksiyonla yapılan Tedavilerin Sonuçları	28
2.10. Kırık Redüksiyonu ve Rijit Fiksasyon	29
2.10.1. Miniplaklar	33
2.10.2. Mini-kompresyon Plakları	34

2.10.3. Mikro Plaklar	36
2.10.4. Kilitli Plaklar	37
2.10.5. Rezorbe Olabilen Miniplak\vida Sistemleri (PLLA-PGA).....	39
2.11. Mandibula Kondil Kırıklarının Komplikasyonları.....	41
2.11.1. Operasyon Esnasında ya da Tedavi Sonrası Erken Dönemde Görülen Komplikasyonlar	42
2.11.1.1. Timpanik plağın kırılması	42
2.11.1.2. Orta kraniyal fossaya kondil segmentinin deplasmanı ile glenoid fossa kırığı	42
2.11.1.3. V. ve VII. Kraniyal sinir hasarı	42
2.11.2. Geç Dönem Komplikasyonları.....	43
2.11.2.1. Maloklüzyon	43
2.11.2.2. Büyüme Bozuklukları	43
2.11.2.3 Ankiloz	44
2.11.3. Miniplak/ Vida Sistemine Bağlı Komplikasyonlar	44
2.12. Biyomekanik Prensipler ve Çeşitli Miniplak/Vida Sistemleriyle Yapılan Biyomekanik Çalışmalar	45
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	48
3.1.Deneysel Subkondiler Kırık Hattı Oluşturulması ve standardizasyonu.....	49
3.2. Rijit Osteosentez Grupları.....	50
3.2.1 Rijit Fiksasyon Grupları.....	51
3.3. Biyomekanik Fiksasyon Aygıtı ve Deney Düzenneği	56
3.4. Deney aşaması.....	58
5. TARTIŞMA.....	68
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	93

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince ve tezimin gerçekleşmesinde sonsuz desteğini ve engin hoş görüşünü esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Ertunç DAYI' ya,

Anabilim Dalı Başkanımız Sayın Prof. Dr. Ömer KAYA' ya ve Prof. Dr. Metin GÜNGÖRMÜŞ' e,

Cerrahi eğitimimin her aşamasında bana yol gösteren ve üzerimde çok emeği bulunan değerli hocam Prof. Dr. Ümit ERTAŞ' a,

Doktora eğitimim boyunca sabrını ve hoşgörüsünü kaybetmeyen kıymetli ağabeyim Doç. Dr. M. Selim YAVUZ' a,

Anabilim dalımızdaki diğer öğretim üyelerine,

Tez çalışmamda yardımcı olduklarından dolayı değerli arkadaşlarım Araş.Gör. İsmail AKKAŞ ve Araş.Gör. Ferhat AYRANCI' ya,

Beraber çalıştığım tüm asistan arkadaşlarıma,

Bu tezin gerçekleşmesinde emeği olan Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Akgün ALSARAN' a

Ve her zaman yanımda olan ve desteğini esirgemeyen değerli eşim Dt. Neslihan ÖMEZLİ ve kızım Nefise Merve'ye,

SONSUZ TEŞEKKÜRLERİMİ SUNARIM...

Çalışmamız Atatürk Üniversitesi rektörlüğü tarafından BAP 2008/211 no'lu proje ile maddi olarak desteklenmiştir.

ÖZGEÇMİŞ

01.10.1978 yılında Ankara’da doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Ankara’da tamamladım.1998 yılında Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinde öğrenimime başladım. 2004 yılında mezun olduktan sonra 2005 yılında Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş, Çene Hastalıkları ve Cerrahisi Ana Bilim Dalında doktora eğitimine başladım. Halen aynı ana bilim dalında araştırma görevlisi olarak çalışmaktayım.

ÖZET**MANDİBULAR KONDİL KIRIKLARININ CERRAHİ TEDAVİSİNDE
UYGULANAN ÇEŞİTLİ FİKSASYON SİSTEMLERİNİN BİYOMEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN İN VİTRO OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI**

Mandibular kondil kırıkları maksillofasiyal alanda en sık karşılaşılan kırık tipidir. Kondil kırıklarının rijit internal fiksasyonla tedavisi, miniplak/vida sistemlerindeki gelişmeler ve biyomekanik prensiplerin anlaşılmasıyla birlikte daha popüler olmuştur. Bununla birlikte kondil kırıklarının açık redüksiyon ile tedavisinde ideal osteosentez tipi hakkında halen bir görüş birliğine varılamamıştır. Dolayısıyla, kondil kırıklarının tedavisinde en iyi stabilizasyon sağlayan fiksasyon sisteminin bulunması amacıyla biyomekanik in vitro çalışmalara gerek duyulmaktadır.

Bu çalışma, mandibula kondil kırıklarının cerrahi tedavisinde kullanılan 7 farklı miniplak/vida fiksasyon metodunun, çiğneme kuvvetlerinin simüle edilmesiyle güvenilirlikleri ve stabilitelerinin karşılaştırması amacıyla planlanmıştır. Bu amaçla 35 adet taze koyun hemimandibulası deneysel subkondiler kırık hattı oluşturulmasının ardından 7 gruba ayrılmıştır. Bu gruplar tek titanyum miniplak (Grup A), tek rezorbe olabilen (PLLA/PGA (82:18)) miniplak (Grup B), tek titanyum mikro plak (Grup C), tek titanyum ‘Y’ şekilli miniplak (Grup D), tek titanyum kilitli plak (Grup E), çift titanyum mikro plak (Grup F) ve çift titanyum miniplaktan (Grup G) oluşmaktadır. Ayrıca çalışmada; titanyum mini plaklar için 2,0 mm X 7,0 mm self tapping, mikro plaklar için 1,6 mm X 9.0 mm self tapping, rezorbe olabilen plaklar için 2.0 mm X 7.0 mm PLLA/PGA rezorbe olabilen vidalar kullanılmıştır. Tüm modeller, bir fiksasyon aygıtı yardımıyla, basma testi uygulayan bir servohidrolik test cihazına yerleştirildi ve

her bir modele sürekli doğrusal kuvvet uygulandı. Oluşan yer değiştirme miktarları özel bir yazılımla dijital olarak kaydedildi. Modellerin 40, 80, 100, 120 Nt yüklerde oluşan kuvvet/yer değiştirme miktarları karşılaştırıldı.

Bu deneysel çalışma sonucunda, diğer fiksasyon gruplarıyla karşılaştırıldığında çift miniplak grubu (Grup G) en iyi biyomekanik stabiliteye sahip olurken, tek mikro plak grubunun (Grup C) en zayıf fiksasyon sağladığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte çift mikro plak ile tek titanyum miniplak grupları arasında tüm kuvvet değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Mandibula, stabilite, miniplak, kondil

ABSTRACT**IN VITRO COMPARISON OF BIOMECHANICAL CHARACTERISTICS OF
DIFFERENT FIXATION SYSTEMS APPLIED IN THE SURGICAL
TREATMENT OF MANDIBLE CONDYLE FRACTURES**

Fractures of the mandibular condylar process are the most common fractures in the maxillofacial region. Treatment of condylar fractures with rigid internal fixation has become quite popular due to improved understanding of biomechanical principles and advances in miniplate/screw systems. In the treatment of condylar fractures with open reduction, however, there is no consensus regarding about the selection of the optimum osteosynthesis method. In the treatment of condylar fractures, therefore, to find a fixation system that provides the best stability, in vitro biomechanical studies are needed.

This study was planned to compare the fixation reliabilities and stabilities of 7 different miniplate/screw fixation method that performed in the surgical treatment of the mandible condyle fractures by simulating the chewing forces. 35 fresh sheep hemimandibles were divided into seven fixation groups followed by establishment of an experimental subcondylar fracture. These groups consisted of single titanium miniplate (Group A), single resorbable (PLLA/PGA (82:18)) miniplate (Group B), single titanium micro plate (Group C), single titanium 'Y' shape miniplate (Group D), single titanium locking plate (Group E), double titanium micro plate (Group F) and double titanium miniplate (Group G). In addition, 2.0 mm X 7.0 mm self-tapping screws for titanium miniplates, 1.6 mm X 9.0 mm self-tapping screws for micro plates, 2.0 mm X 7.0 mm

PLLA/PGA resorbable screws for resorbable miniplates are used. With the help of a fixation device, all hemimandibles were mounted in a servo hydraulic testing unit to perform a compression test and continuous linear force applied to each model. Displacement values were recorded digitally by special software. For the all of models, displacement values under 40, 80, 100, 120 N were compared.

As a result of this experimental study, compared to other fixation groups double miniplate fixation group (Group G) has the best biomechanical stability, while the single micro plate group (Group C) provided the weakest fixation was determined. However, in the values of all force between the double micro plate group and single titanium mini plate group was not statistically significant difference.

Key Words: Mandible, stability, miniplate, condyle

1. GİRİŞ

Kondil kırıkları mandibula ve maksillofasiyal sahanın en sık karşılaşılan kırık tiplerinden biridir.^{1,2} Kondil kırıkları sınıflandırması, teşhis ve tedavisi yönüyle maksillofasiyal travmanın en sık tartışılan konuları arasında yer almaktadır.³ Bu kırıklar açık (cerrahi yaklaşım) ve kapalı (konservatif yaklaşım) redüksiyon olmak üzere başlıca iki yöntemle tedavi edilmektedirler. Kondil kırıklarında stabilizasyon sağlanarak eski anatomiye tekrar kazanmak ve en az hasarla fonksiyonelliği sağlamak başlıca tedavi amaçlarıdır.³ Açık redüksiyon ve rijit internal fiksasyonla iyi bir anatomik redüksiyon sağlanır. Aynı zamanda intermaksillar fiksasyon (İMF) süresi kısaldığı için mandibula daha erken fonksiyona geçmektedir.⁴ Bu amaçla kirschner telleri, intraosseöz telleme, lag screwler ve miniplak/vida sistemleri kullanılmaktadır.⁵

Maksillofasiyal cerrahide, miniplak/vida sistemleriyle açık redüksiyon ve internal fiksasyon ilk olarak 1886 yılında Hansmann⁶ tarafından tarif edilmiştir. 1973 yılında Mitchelet ve ark.⁷ mandibula kırığına vitallium miniplak uygulayarak miniplak osteosentezini gündeme getirmişler, ardından 1975’ de Champy ve Lodde⁸ tarafından bu çalışmalar ileriye taşınmıştır. Mandibular kondil kırıklarında ise miniplak/vida osteosentezini ilk olarak 1980 yılında Pape ve ark.⁹ uygulamışlardır. Bu zamandan günümüze kadar tek veya çift düz titanyum miniplak, mini kompresyon plağı, kilitli plaklar, mikro plaklar ve rezorbe olabilen miniplak/vida sistemleri gibi çeşitli osteosentez metotları kullanılmıştır. Bununla birlikte en iyi fiksasyon tekniği hakkında halen bir görüş birliğine varılamamıştır.

Mandibula çiğneme kasları tarafından oluşturulan kuvvetlerin yanı sıra TME ve dişler aracılığıyla oluşan reaksiyon kuvvetlerine maruz kalır.¹⁰ Erken fonksiyonel

rehabilitasyonun sağlanması için ekleme gelen reaksiyon kuvvetleri miniplak/vida sisteminin yüklenme kapasitesini geçmemelidir.¹¹ Aksi takdirde; yüksek komplikasyon oranlarıyla sonuçlanan vida gevşemesi, stabilizasyonu bozan plak eğilmeleri ve plak kırılmaları gözlenmektedir.^{5,12} Bundan dolayı, minimal travmayla yerleştirilen ve maksimum stabilite sunan miniplak/vida sistemlerinin seçilmesi tavsiye edilmiştir.

Kondil kırıklarının tedavisinde en iyi stabilizasyon sağlayan fiksasyon sisteminin bulunması amacıyla biyomekanik in vitro çalışmalara gerek duyulmaktadır. Ancak literatürde mandibula kondil kırıklarında farklı miniplak/vida sistemlerinin biyomekanik stabilitelerinin karşılaştırıldığı sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.^{1,11,13-}

15

Bu çalışmada, deneysel kondil kırığı oluşturulan 35 koyun hemimandibulasında, tek titanyum miniplak, tek rezorbe olabilen (PLLA/PGA) plak, tek titanyum mikro plak, ‘Y’ şekilli miniplak, tek titanyum kilitli plak, çift titanyum mikro plak ve çift titanyum miniplak/vida sistemlerinin erken postoperatif stabilitelerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tarihsel Gelişim

Hipokrat'tan günümüze kadar, araştırmacılar mandibula kırıklarının tedavisi için birçok farklı teknik tanımlamışlardır. Bu teknikler kırık parçalarının repozisyonu ve immobilizasyonuna yönelik uygulamalardır. Bununla birlikte son 50 yılda anesteziye gelişmeler, çeşitli radyografik yöntemlerin tarifi, antibiyotiklerin tanıtılması ve özellikle biyomateryallerdeki gelişmeler maksillofasiyal travma cerrahisi alanında ilerlemelere zemin hazırlamıştır.¹⁶

Mandibula kırıklarına ait ilk tanımlamaların 1862 yılında Edwin Smith tarafından bulunan M.Ö.17. yy'a ait papiruslara dayandığı rapor edilmiştir¹⁶ (Şekil 2.1). Bu yazılarda mandibula kırıklarının teşhis ve tedavisinin yanı sıra diğer bazı hastalıkların cerrahi tedavilerine de yer verilmiştir.¹⁷ M.Ö. 460 yıllarında Hipokrat medikal problemleri farklı bir bakış açısından değerlendirmiştir. Hipokrat, günümüzde de kullanılan mandibular dislokasyonun redüksiyon yönteminin yanı sıra mandibula kırıklarının immobilizasyon teknikleri üzerinde de durmuştur.¹⁸ Yapılan tarihsel bir derlemede, M.S. 500 yıllarında Hintli cerrah Sushruta tarafından yazılmış bir eserde çene kırıklarının bambu splintler ve bandajlar yardımıyla tedavi edildiği bildirilmiştir¹⁹



Şekil 2.1: Edwin Smith Papirüsü

15. yy'da Anadolu'da ilk Türkçe medikal kitaplar yazılmıştır. 1465'de ünlü Türk cerrahı Şerefettin Sabuncuoğlu²⁰ '*Cerrahiyyetül-Haniyye*' isimli kitabı yazmıştır (Şekil 2.2). Türk tıp literatüründeki ilk resimli cerrahi ders kitabı olan '*Cerrahiyyetül-Haniyye*' nin önemi; pek çok cerrahi işlemlerin, insizyonların ve enstrümanların, Sabuncuoğlu' nun kendisi tarafından çizilmiş renkli resimlerini içermesidir.²¹

18. yy'a gelindiğinde, anatomi ve fizyolojideki ilerlemelerin bir sonucu olarak tıbbı daha bilimsel bir açıdan bakılmaya başlanmıştır. '*Modern diş hekimliğinin babası*' olarak bilinen Pierre Fauchard²² tarafından 1728'de yazılan '*Traité de chirurgie dentaire*' isimli kitap, bilimsel diş hekimliğinde yeni bir çıkış açmıştır. Fauchard,²² kırıkların immobilizasyonu için bandaj ve dişlerin bağlanmasından ziyade, kırık tedavisinde kullanılan dental protez benzeri aletlerin geliştirilmesine katkıda bulunmuştur.

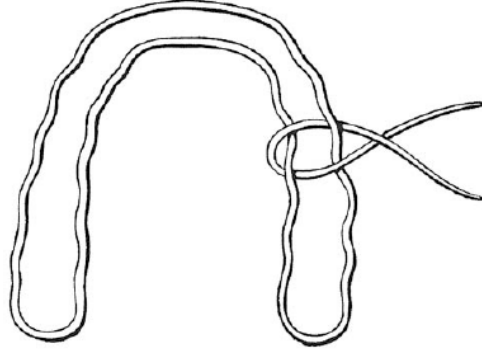


Şekil 2.2: Türk tıp literatüründeki ilk resimli cerrahi ders kitabı olan “*Cerrahiyyetül-Haniyye*”

18. yy ile 19.yy’lar arasında mandibula kırıklarının immobilizasyonu için birçok yöntem tarif edilmiştir.¹⁷ İlk olarak Hipokrat tarafından bahsedilen ve Jhon Rhea Barton’ un kendi ismiyle anılan Barton bandajı tedavi için bir standart olmuştur.¹⁷ Buna rağmen; ekstra oral apareyler kırık parçaların stabilizasyonunu yeterince sağlamadığından maloklüzyon ve enfeksiyon riski gündeme gelmiştir.^{16,17}

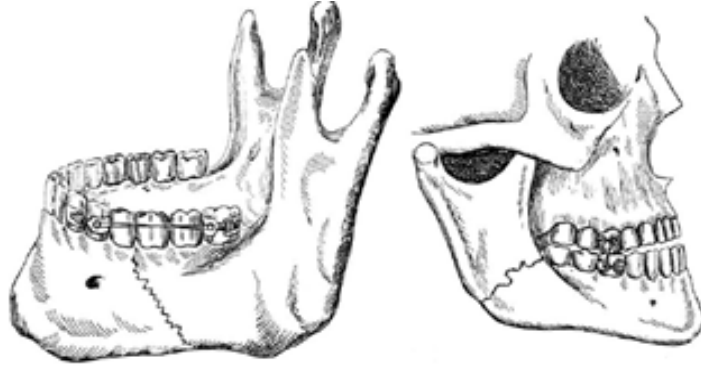
1826 yılında Rodgers’in humerusa tel sutur yerleştirerek ilk açık redüksiyonu yaptığı, ardından 1840’ da Baudens’in oblik kırıkların immobilizasyonu için kullandığı teknikle çene kırıklarında telle bağlamaya öncülük ettiği bildirilmiştir.¹⁸ Dr. Horace Wells’in 1844 yılında genel anesteziyi tanıtmasıyla beraber cerrahi alanında yeni bir çığır daha açılmıştır.¹⁶ Bu gelişmeler çene kırıklarının tedavisine de büyük oranda katkıda bulunmuştur. 1866’ da Thomas Brain Gunning²³ ilk kez immobilizasyon için ‘Gunning Splint’ olarak adlandırılan, vidalar yardımıyla maksilla ve mandibulanın her ikisine birden fikse edilen intra-oral splint kullanmıştır. Günümüzde de halen Gunning splintinin modifiye formları kullanılmaktadır.^{16,17}

1871 yılında Gurnell Hammond²⁴ mandibula immobilizasyonu için tel ligatür splintleri geliştirmiştir. Bu teknikte, bir model üzerinde yer değiştirmiş segmentler bir araya getirilerek, dişler üzerine tel uyumlandırılmasının ardından bu tel hastanın doğal dişlerine yerleştirilerek ayrık fragmanların bir hat üzerine çekilmesi sağlanmıştır²⁵ (Şekil 2.3). Ark barın basit bir formu olan bu teknik nadiren de olsa günümüzde kullanılmaktadır.



Şekil 2.3: Hammond tarafından kullanılan tel ligatür splint

1887’de Thomas L. Gilmer²⁶ her iki çenede dişleri kendi etrafında telle bağlayıp, ardından karşılıklı arklardaki telleri birbiriyle bağlayarak mandibula kırıklarının tedavisinde telle bağlama ve intermaksiller fiksasyonu (İMF) tarif etmiştir. Segmentleri telle bağlamaya alternatif olarak 1890 yılında Amerikalı ortodontist Dr. Angle²⁷ ortodontik bandları kullanarak çeşitli İMF metotları tarif etmiştir. Angle²⁷ kendi ismini verdiği yöntemde, kırığın her iki tarafındaki dişlere bandlar yerleştirilerek bu bandları tellerle birbirine bağlamıştır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Dr. Angle tarafından tarif edilen fiksasyon yöntemleri

Modern travmatoloji, kraniyomaksillofasiyal cerrahinin ilerlemesinde en büyük basamak olan rijit osteosentezin gelişmesiyle başlar.¹⁶ Plak ve vida sistemleri kullanılarak kırık parçalarının subkutan fiksasyonu, ilk olarak 1886 yılında Hansmann⁶ tarafından tarif edilmiştir. William A. Lane²⁸ 1893’de kırık tedavisinde plak ve vidaları kullanmış fakat iyileşme süreci esnasında metal korozyonu geliştiğini rapor etmiştir.

1960’ların sonlarına doğru, Luhr²⁹ ilk olarak kompresyon osteosentezini tarif ederek, vitalium kompresyon plaklarını geliştirmiştir. Bu yıllarda Champy ve Lodde⁸ çiğneme kaslarının çekme yönlerini göz önünde bulundurarak, çene kırıklarının internal fiksasyonunda ideal osteosentez alanlarını değerlendirmişler ve buna paralel olarak klinik, biyomekanik ve matematiksel çalışmalar sonucunda ‘Champy prensipleri’ olarak literatüre giren ‘ideal osteosentez hattı’ nı tarif etmişlerdir.

1973 yılında Michelet ve ark.⁷ mandibula kırıklarının tedavisinde ilk olarak miniplak osteosentezini uygulamışlar ve çoğu vakada operasyon sonrası İMF kullanılmasının gerekli olmadığını bildirmişlerdir. Ardından 1976’da Champy ve Lodde⁸ tarafından bu yöntem geliştirilerek klinik olarak daha kullanılabilir bir hale

getirilmiştir. Kondil kırıklarının miniplak ile fiksasyonu ise ilk olarak 1980 yılında Pape ve ark.⁹ tarafından gerçekleştirilmiştir.

Kompresyon plaklarının gelişiminin ardından rekonstruksiyon plakları geliştirilmiş ve 1980'li yıllarda Raveh ve ark.³⁰ plak içerisinde kilitlenebilen vida başlarına sahip titanyum rekonstruksiyon plaklarını tanıtmışlardır. Ardından Gutwald³¹ ile Ellis ve Graham³² mini kilitli plakları gündeme getirmişlerdir. Bu yıllarda yapılan biyomekanik çalışmalarda mini kilitli plakların geleneksel plaklara göre üç kat fazla stabilite sağladıkları rapor edilmiştir.³³

Miniplaklar ve rekonstrüksiyon plakları mandibula kırıklarında yaygın olarak kullanılmasına rağmen, geniş boyutlarından dolayı kondiler saha gibi osteosentez uygulama alanı dar olan bölgelerde kullanım güçlüğü ve dokudan palpe edilebilmesi gibi sorunlar ortaya çıkmıştır.³⁴ Bu sebeple kullanılan materyallerin sayısı ve kalınlıkları azaltılmaya çalışılmıştır. Bu açığı kapatmaya yönelik olarak profil çapları 1.0 mm ve altında olan mikro plaklar ile ilgili ilk çalışmayı 2001 yılında Kim ve Nam³⁵ yapmıştır.

Maksillofasiyal cerrahide sıklıkla kullanılan titanyum, biyouyumlu bir materyal olmasına rağmen çeşitli sebeplerden dolayı ikinci bir operasyonla çıkarılmaları gerekebilmektedir. Bu nedenle araştırmacılar alternatif materyaller üzerinde çalışmışlar ve neticede rezorbe olabilen materyaller gündeme gelmiştir. Rezorbe olabilen sistemlerin kullanımı ilk olarak 1971'de Kulkarni ve ark.³⁶ tarafından rapor edilmiş olup, ilk deneysel çalışma Cutright ve ark.³⁷ tarafından yapılmıştır. Mandibulada rezorbe olabilen sistemlerle internal fiksasyonu ilk olarak 1974'de Roed-Petersen³⁸ tarif etmiştir. Yazar, poliglikolikasit (PGA) suturlar kullanarak mandibula kırığını fikse ettiği çalışmasında 6 hafta kadar IMF uyguladığını bildirmiştir. Son 20 yıl içerisinde rezorbe

olabilen plaklar (poli L- laktik, poliglikolik vs.) ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır.³⁹⁻⁴² Özellikle Bos ve ark.³⁹ ile Rozema ve ark.⁴⁰ rezorbe olabilen sistemlerle ilgili geniş kapsamlı çalışmalarda bulunarak, bu materyallerin kırık tedavisinde kullanılmasına büyük ölçüde katkıda bulunmuşlardır.

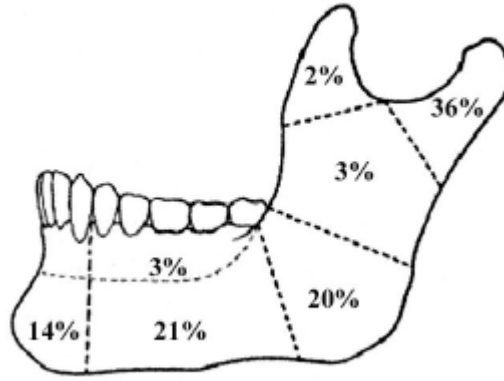
Tüm bu gelişmeleri takiben çok çeşitli plak modifikasyonları ortaya konmuştur. Bugün mandibula kırıklarının internal fiksasyonunda, rezorbe olabilen plak ve vidaların yanı sıra 0,5 mm den 3,0 mm ye kadar değişen boyutlarda vitalyum, titanyum, paslanmaz çelik gibi değişik materyallerden yapılmış birçok farklı sistem kullanılmaktadır.

2.2. Mandibula Kırıklarının Lokalizasyonu

Kemik bütünlüğünün travma ya da patolojik sebeplere bağlı olarak bozulması kırık olarak adlandırılır.⁴³ Mandibula, yüz kemiklerinin en büyük ve kuvvetli kemiği olmasına rağmen, konumu ve çıkıntılı yapısından dolayı yüz travmaları sonucunda en sık kırılan kemiktir.⁴⁴ Literatürde, mandibula kırıklarının etiyolojisi, lokalizasyonları, yaş ve cinsiyete göre dağılımları ile ilgili olarak birçok çalışma mevcuttur.⁴⁵⁻⁴⁸ Yapılan bu çalışmalarda mandibulada meydana gelen kırıklar arasında kondil kırıklarının önemli bir yüzdeyi kapsadığı görülmektedir.^{45,46,49}

Eulert ve ark.⁴⁸ kraniyofasiyal travma geçirmiş 1812 hastanın 1763' ünde mandibula kırığı bulunduğunu ve bu kırıkların % 35'nin kondil, % 23 angulus, % 22'sinin ise korpus kırığı olduğunu belirtmişlerdir. Bormann ve ark.⁴⁷ 444 mandibula kırığı bulunan hastayı kapsayan çalışmalarında % 42 kondil, % 21 simfiz ya da parasimfiz, % 20 angulus, % 15 horizontal ramus, % 2 ramus kırığı tespit etmişlerdir.

Stacey ve ark.⁵⁰ 'nın yaptıkları literatür araştırmasında ise mandibula kırıklarının üçte birinden fazlasının 25-34 yaşlar arasında olduğunu ve % 36 ile en sık kondiler bölgede meydana geldiğini bunu % 21 korpus, %20 angulus, % 14 simfiz, % 3 alveol kemiği, % 2 ile koronoid çıkıntını takip ettiğini rapor etmişlerdir (şekil 2.5). Benzer bir çalışmada da Matos ve ark.⁵¹ fasiyal travma geçirmiş 700 hastada 201 mandibula kırığı rapor etmiş ve bunların içerisinde de % 28.3 ile en sık kondil kırığı olduğunu rapor etmişlerdir.



Şekil 2.5: Stacey ve ark. tarafından rapor edilen kırıkların lokalizasyon oranları

Literatürde her ne kadar kırık insidansının kondiler sahada yüksek olduğunu gösteren çalışmalar çoğunlukta olsa da mandibulada en sık kırılan alanlar olarak diğer bölgeleri rapor eden çalışmalar da bulunmaktadır.⁴⁴ Özgenel ve ark.⁴⁴ mandibula kırığı bulunan 204 hastadan oluşan serilerinde kırık lokalizasyonunun en sık parasimfiz (83 kırık, % 29.3) ve angulus bölgesinde (52 kırık, % 18.4) olduğunu bildirmişlerdir.

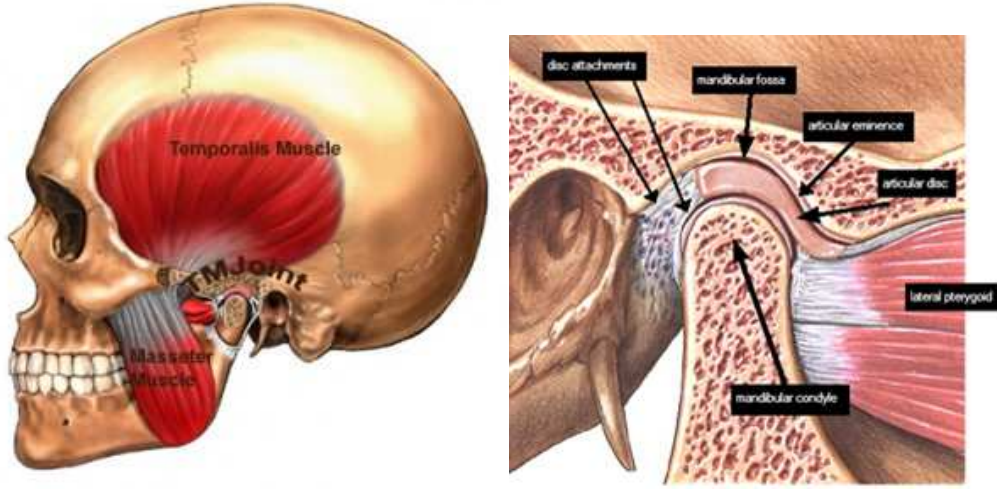
2.3. Mandibular Kondilin Anatomisi

Mandibular kondil, baş ve boyun olmak üzere iki kısımdan meydana gelir. Kondil başının anterior ve süperior kısmı mandibulanın artiküler yüzeyini oluşturur.

Artiküler yüzey konvektir ve bu konveksite frontal planda daha geniştir. Erişkinlerde kondil sagittal planda ortalama 8-10 mm, frontal planda ise 15-20 mm' dir. Bu genişlik erkeklerde kadınlara oranla daha fazladır.⁵² Kondil başının anterior yüzeyindeki bağ dokusu posteriordan daha kalındır. Artiküler yüzeydeki bu artmış kalınlık sahaya gelen yüklenme miktarıyla orantılıdır. Dolayısıyla bağ dokusunun kalın olduğu sahalar ağır yüklenme alanlarıdır.⁵³

Temporomandibular eklem (TME), glenoid fossa ile kondil boynu arasında uzanan fibröz kapsülle çevrilidir. Kapsül lateralde kalın olup temporomandibular ligamentin teşekkülünü sağlar. Bu artmış kalınlık sayesinde, kırık kondiler segmentin glenoid fossadan laterale deplasmanı engellenmiş olur. Medial kapsül nispeten daha incedir. Bu sebeple kondil kırıklarında kondiler segment çoğunlukla mediale deplase olur.⁵⁴

Kondil boynunun anterioründe 'pterygoid fovea' adını alan pürüzlü saha bulunur. Bu alana lateral pterygoid kas tutunur. Alt ve üst olmak üzere iki karından meydana gelen bu kasın üst karnı sfenoid kemiğin büyük kanadından başlar ve pterygoid fovea'nın üst kısmına ve değişen oranlarda disk-kapsül kompleksine yapışır. Üst karından yaklaşık 3 kat daha büyük olan alt karın ise, pterygoid çıkıntının lateral laminasından başlayarak pterygoid fovea' da sonlanır⁵² (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Çiğneme kasları ve TME sagittal plan görüntüsü

Kondil başı, arada fibröz bağ dokusu yapısında olan bir disk bulunacak şekilde glenoid fossaya yerleşmiştir. Glenoid fossa, temporal kemiğin squamasının alt kısmındaki konkav sahadır ve fossanın tavanı çevre kemiklerle karşılaştırıldığında daha incedir.⁵³ Greene ve ark.⁵⁵ glenoid fossanın tavanının ince olmasına karşın, anterior ve medial duvarlarının kalın ve kırığa karşı daha dirençli olduğunu ve travma sonucunda glenoid fossada harabiyet oluşmaksızın kondil boyunun kırıldığını bildirmişlerdir.

2.4. Mandibula Kondil Kırıklarının Etiyolojisi

Mandibulada en zayıf bölge kondil boynu olması nedeniyle mandibulaya gelen kuvvetin dağılımı esnasında kırık daha çok bu sahada meydana gelir. Aynı zamanda bu fizyopatolojik olayla kraniyuma kuvvetin aktarılması da engellenmiş olmaktadır. Bu durum kondil kırıklarının yüksek insidansını da açıklamaktadır.⁵⁶

Kondil kırıkları değişik mekanizmalar tarafından meydana gelmektedir. Lindahl⁵⁷ kondil kırığına neden olan travmatik kuvvetleri 3 gruba ayırmıştır. Birincisi; duran

bireye hareketli obje tarafından aktarılan kuvvettir (kavga, herhangi bir cisim çarpması vs.). İkinci tip: hareket eden bireyin duran objeye çarpmasıdır (düşme vs.). Genellikle daha ağır yaralanmalara sebep olan üçüncü tip ise diğer iki tipin kombinasyonudur (trafik kazaları vs.).

Erişkinlerde kondil kırıklarının nedeni; başta trafik kazaları olmak üzere, kavga, iş kazaları ve düşmeler olarak sıralanırken, çocuklarda ise en sık düşme ve bisiklet kazalarıdır.⁵⁴ Marker ve ark.⁴⁵ 444 kondil kırığını içeren serilerinde; 252 (% 72) hastada tek taraflı kondil kırığı olmasına karşın, sadece 96 (% 28) hastada çift taraflı kondil kırığı bulunduğunu, bunların içerisinde de 55 (% 12) vaka ile en az kondil başı, 314 (% 71) vaka ile en fazla subkondiler kırık rapor etmişlerdir. Yazarlar aynı çalışmada her iki cins için en yaygın kırık sebebinin trafik kazaları olduğunu, ikinci sırada ise erkeklerde kavga bayanlarda ise düşme olduğunu belirtmişlerdir. Zachariades ve ark.⁴⁶ 368 hastayı kapsayan çalışmalarında 206 hasta ile trafik kazalarını en sık etiyolojik neden olarak gösterirken, bunu kavga (50 hasta), iş kazaları (14 hasta) ve spor kazaları (13 hasta) takip etmiştir. Buna paralel olarak Villareal ve ark.³ % 63.1, Erol ve ark.⁵⁸ % 38, Santler ve ark.⁵⁹ % 55 lik oranlar ile trafik kazalarını kondil kırıklarının en sık nedeni olarak bildirmişlerdir.

Literatürlerin büyük bir kısmında trafik kazaları kondil kırıklarının en yaygın sebebi olarak rapor edilmesine karşın farklı coğrafik bölgelerde çeşitli nedenlere bağlı olarak etiyolojik faktörlerin sıralamasında değişiklikler olduğu görülmektedir.⁴⁵ Yaman ve ark.⁶⁰ 146 kondil kırığı olgusunu içeren çalışmalarında etiyolojik neden olarak trafik kazaları % 19.5 ile üçüncü sırada yer alırken, birinci sırada yüksekten düşme (% 45), ikinci sırada düşme (% 21) olarak rapor etmişlerdir. Undt ve ark.⁴ ise 55 vakalık benzer

alışmalarında kondil kırıklarında en sık etiyolojik neden olarak kavgayı göstermişlerdir.

alışmalar, kondil kırıklarının kadınlara oranla erkeklerde daha sık meydana geldiğini göstermektedir.^{3,4,45,46,58} Bu oranları Matos ve ark.⁵¹ 4:1, Zachariades ve ark.⁴⁶ 3.5:1, Marker ve ark.⁴⁵ 2:1, Yaman ve ark.⁶⁰ % 96: % 50 olarak bildirmişlerdir.

Mandibular kondil kırıklarının en fazla görüldüğü yaş grubu 21-30 ‘dur.^{46,51} Matos ve ark.⁵¹ 201 mandibula kırığından oluşan serilerinde travmaya uğrayan erkek: kadın oranının 4:1 olduğunu ve bu kırıkların en fazla 21-30 yaş arasında meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

2.5. Kondil kırıklarının Sınıflandırılması

Kondil kırıklarının sınıflandırılmasının önemi, tedavi planlaması yapılırken tedavinin şeklinin belirlenmesine yardımcı olmasıdır. Klinikte karşılaşılan benzer durumlarda belirli bir tedavi planlaması ile yaklaşım çok önemlidir. Bunun için de bir sınıflandırmaya gerek duyulmaktadır.⁶¹

Günümüze kadar mandibular kondil kırıkları ile ilgili birçok sınıflandırma yapılmıştır. Lindahl⁵⁷ (1977), Krenkel⁶² (1998) sınıflandırmaları bunlardan bazılarıdır. En fazla kabul gören Lindahl sınıflandırma sistemidir. Bu sınıflandırma 138 kondil kırığı bulunan 123 hastadan elde edilen verilere dayandırılarak yapılan oldukça iyi tasarlanmış bir sistemdir⁵⁷ (Tablo 2.1).

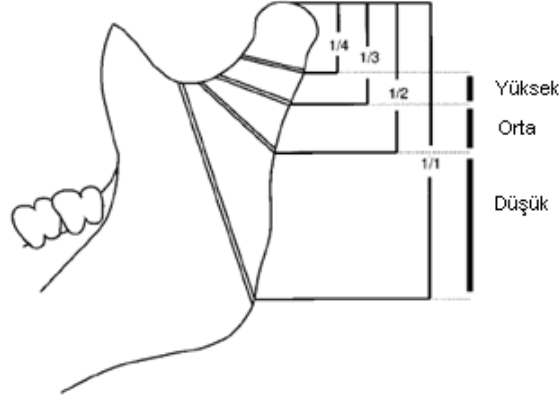
Bu sınıflandırma; kırığın anatomik seviyesi, mandibular segment ile kondil segmentinin ilişkisi, kondil başının glenoid fossa ile ilişkisine dayalı olarak 3 ana gruba ayrılmaktadır. Kırık seviyesi; kondil başı, kondil boynu ve subkondiler olarak tarif

edilmiştir. Subkondiler kırık, sigmoid çentikten, kondil boynunun hemen altındaki posterior mandibulaya kadardır. Kondil boynu kırığı, kondil başının hemen altındaki ince ve dar alandadır. Kondil başı kırığı ise, ligament bağlantılarında ya da yukarısında oluşan kırık tipidir.⁵⁴

Tablo 2.1: Mandibular Kondil Kırıklarında Lindahl Sınıflaması

1. Kırığın anatomik lokalizasyonu 1.1. Kondil başı 1.1.1 ligament bağlantılarında ya da yukarısında 1.1.2. Horizontal 1.1.3. Vertikal 1.1.4. Kompresyon 1.2. Kondil boynu – Kondil başının hemen altındaki ince, dar alan. 1.3. Subkondiler – kondil boynunun altında, sigmoid çentiğin en derin noktasından, mandibular ramusun posterior yüzeyine uzanır. Bu kırık tipi bazen ‘düşük’ ya da ‘yüksek’ olarak ta tanımlanmaktadır. 2. Mandibular Segment ile Kondiler Segmentin İlişkisi 2.1. Deplasman yok 2.2. Deviyeye 2.3. Mediale ya da laterale deplase 2.4. Anterior ya da posteriore deplase 2.5. Fragmanlar arasında temas yok 3. Kondil Başı ile Glenoid Fossa İlişkisi 3.1. Deplasman yok 3.2. Deplase 3.3. Disloke

Krenkel⁶² benzer bir sistemde kondil boynu kırıklarını, düşük, orta ve yüksek seviyeli olarak genişletmiştir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Krenkel sınıflandırması

2.6. Kondil Kırıklarının Tanısı

Mandibula kondil kırıklarında kesin tanı hastanın hikâyesi, klinik muayene bulguları ve radyografik görüntüleme yöntemleri neticesinde konur.^{43,54}

Klinik Bulgular:

- Fasiyal kontüzyon, abrazyon, çenede laserasyon ve temporomandibular eklem bölgesinde hematoma gibi travma bulguları: Bu yaralanmalar bölgeye gelen direkt travma sebebiyle olabileceği gibi indirek bir kuvvet neticesinde de oluşabilmektedir.^{54,63,64}
- Dış kulak yolunda kanama: Bu bulgu anterior timpanik duvar kırığı ve eklem perforasyonu yaralanmasının bir belirtisi olabilir.^{54,65}

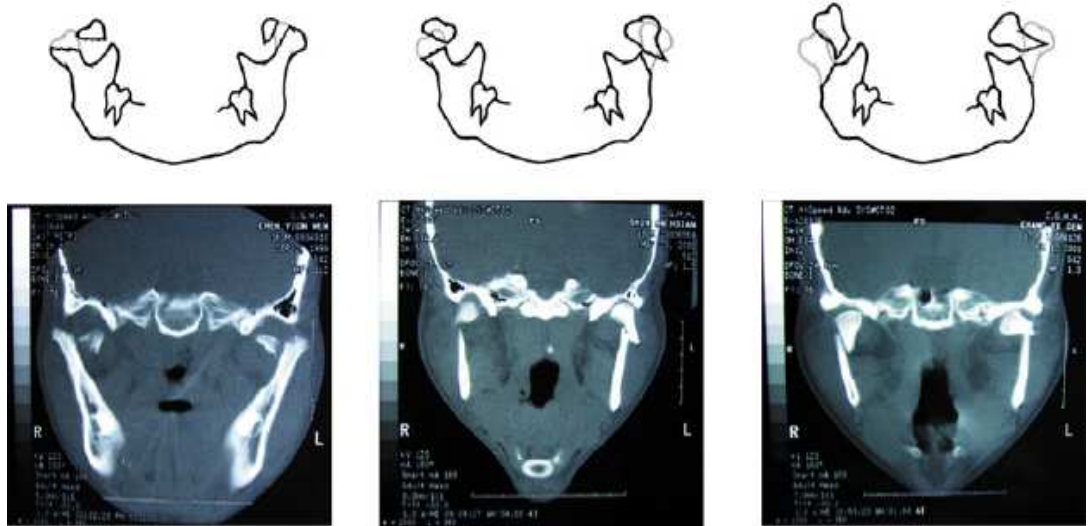
- TME bölgesinde görülebilen ya da palpe edilebilen şişliklerin varlığı: hematoma veya ödem neticesi ya da ciltte fark edilebilen kondil başının laterale deplasmanı sonucu oluşur.^{54,65}
- Fasiyal Asimetri: Yumuşak dokuların ödemi ya da mandibular ve kondiler kırık segmentlerinin üst üste binmesinden dolayı ramus yüksekliğinin kısılması neticesinde olabilir.^{54,65}
- TME’ de palpasyonda ağrı ve hassasiyet: Kırık uçlarının yumuşak doku üzerine irritasyonu ve açığa çıkan kimyasal medyatörlerin etkisiyle meydana gelebileceği gibi klinisyen tarafından çenenin harekete zorlanmasına bağlı bir ağrı da olabilir.^{54,65}
- Fonksiyon esnasında kondil başında ya da dış kulak yolunu palpasyonda krepitasyon: Düzensiz kırık hatlarının birbiri üzerinde kayması neticesi oluşur.^{54,65}
- Fonksiyon esnasında sürtünme (friction) ya da çatırdama sesi (cracking).⁶⁵
- Maloklüzyon: Kırığın tipi hakkında faydalı ipuçları verir. Tek taraflı kondil kırığında, kırık tarafında ramus yüksekliği azalacağından dolayı posterior da erken temas görülür. Aynı zamanda karşı tarafta posterior open-bite dikkat çekicidir. Çift taraflı kırıklarda ise; retrognati ve anterior open-bite görülür.^{54,64,65}
- Mandibular orta hatta sapma: İstirahat ve hareket esnasında orta hatta sapma olabilir. Ramus boyunun kısılmasından dolayı istirahatta mandibula kırık tarafa doğru deviye olur. Fonksiyon esnasında ise tek taraflı kırıklarda etkilenen taraftaki lateral pterygoid kas normal fonksiyonu yapamadığından buna karşın sağlam tarafta normal fonksiyonda olduğundan dolayı ağız açma esnasında

mandibula kırık tarafa kayar. Çift taraflı kondil kırıklarında her iki taraf etkilendiğinden kayma daha az olur.^{54,64}

- Ağrı ve fonksiyonda azalmaya bağlı olarak kaslarda spazm.⁵⁴
- Dento-alveolar yaralanmalar.⁵⁴

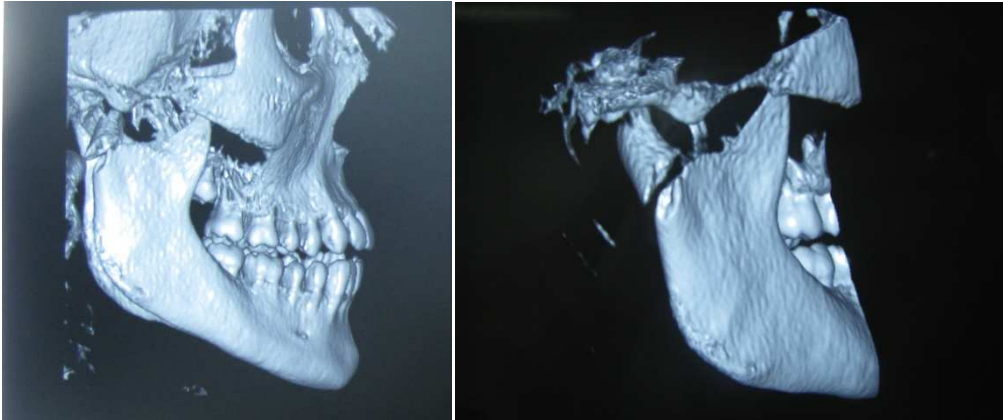
2.7. Mandibular Kondil Kırıklarının Görüntüleme Yöntemleri

Travma hikayesi bulunan bir hastada radyografik muayene yapmak zorunludur.⁵⁴ TME bölgesi travmalarında radyografi daima 2 yönlü alınmalıdır.^{54,63} Panoramik radyografi ve Towne grafisi çoğu zaman yeterli olmakla birlikte multiple travma hastalarında lateral oblik görüntüleme faydalı olabilir.⁶³ Konvansiyonel radyografide kondil kırığı; kısalmış kondil-ramus yüksekliği ve radyolusens bir kırık hattı olarak izlenir. Fakat kırık parçaları üst üste gelmişse radyoopak dansite görülmektedir.⁶³



Şekil 2.8: Farklı tip kondil kırıklarının BT görüntüleri

Bununla birlikte oldukça ince yapılar bulunması ve anatomik yapıların üst üste binmesi gibi sebeplerden dolayı geleneksel radyografik yöntemlerle kondil kırıklarının görüntülenmesi oldukça güç olmaktadır.⁶⁶ Bu sebeple, çevre kemik yapılarıdaki değişiklikleri izlemek için, açık redüksiyon düşünülen deplasman ve dislokasyonların yanı sıra kondil segmentinin pozisyonundan dolayı mekanik obstrüksiyondan şüphelenildiği durumlarda kesin teşhis için koronal ve aksiyal planda bilgisayarlı tomografi (BT) almak çok faydalıdır ^{56,67} (Şekil 2.8). Birçok yazar kırıkların doğru teşhis ve tedavisi için BT' nin çok güvenilir bir görüntüleme yöntemi olduğunu rapor etmişlerdir.^{56,64,67,68} Gelişen teknolojiyle birlikte, günümüzde kondil kırıklarının detaylı görüntülerini veren 3 boyutlu BT' lerle kesin teşhis konulabilmekte ve operasyon sonrası komplikasyon riski en aza indirilmektedir⁶⁶ (Şekil 2.9). BT kemik dokularında çok net görüntüler vermesine karşın TME'nin yumuşak dokularının yaralanmalarından şüphelenildiği durumlarda Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) yapılmalıdır.⁵⁴



Şekil 2.9: Mandibula kondil kırığının 3 boyutlu BT görüntüsü

2.8. Mandibula Kondil Kırıklarının Tedavisi

Literatürde çok çeşitli yaklaşımlar olduğundan dolayı, mandibular kondil kırıklarının tedavisi tartışılan bir konu olmuştur.^{54,69,70} Kondil kırıklarının tedavisinde genel amaç; başta eklem fonksiyonlarının tekrar kazandırılması olmak üzere kırık segmentlerin, oklüzyonun ve maksillofasiyal simetrinin eski haline getirilmesidir.^{3,48,69,70}

Literatürde erişkinlerin kondil kırıklarının tedavisinde başlıca 3 yöntemin kullanıldığı görülmektedir.⁷⁰

- Fonksiyonel tedaviyi takiben intermaksiller fiksasyon
- İMF uygulamaksızın yapılan fonksiyonel tedavi
- İMF' li ya da İMF' siz açık redüksiyon

İlk iki tedavi seçeneği kapalı redüksiyonun formlarıdır. Dolayısıyla erişkinlerde kondil kırıklarının tedavisinde açık ve kapalı redüksiyon olmak üzere başlıca iki yöntem vardır. Her iki yöntemin avantaj ve dezavantajlarını gösteren birçok çalışma mevcuttur.^{3,61,71-75} Kırığın seviyesi, kırık segmentin deplasmanının yönü ve derecesi, hastanın yaşı ve medikal durumu, diğer kırıkların varlığı, dişlerin durumu ve cerrahın deneyimi gibi birçok faktör açık ya da kapalı redüksiyona karar vermekte etkilidir.³

Kırık hattının seviyesi tedavi seçimini etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Oklüzyonun normal olduğu hastalarda düşük seviyeli subkondiler kırıklar kapalı redüksiyonla tedavi edildiklerinde iyi sonuçlar alınmasına karşın, kondil boynu kırıklarında kondil başının anterior, inferior ve mediale deplasmanı vertikal boyutun azalmasına sebep olmaktadır.⁷¹ Haug ve Assael⁷⁴ kondil başı kırıklarının açık

redüksiyon ve internal fiksasyonla tedavisinin kontrendike olduğunu bildirmişlerdir. Undt ve ark.⁴ kondiler fragmanın mediale 15 dereceden daha fazla yatması ya da ramus yüksekliğindeki kaybın % 5 den daha fazla olmasını açık redüksiyon için endikasyon olarak bildirmişlerdir. Villareal ve ark.³ kondil kırıklarında tedavi seçimine karar vermede başlıca iki faktörün; kırık seviyesi ve deplasmanın derecesi olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte araştırmacılar kondil başı kırıklarının kapalı yöntemle tedavi edilmesi gerektiğini, açık redüksiyonunun ise sadece erişkinlerde redükte edilemeyen kırıklarda tercih edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Widmark ve ark.⁷⁶ sagittal ya da koronal deplasmanın 30 dereceden daha fazla olması halinde açık redüksiyon yapılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Tedavi seçimini etkileyen diğer faktör hastanın yaşıdır. Kondil kırıkları 0-14 yaş arası çocuklarda mandibula kırıklarının en sık karşılaşılan tipidir.⁷⁷ Çocuklarda kondil kırıklarının tedavisinde konservatif yöntem tavsiye edilmektedir.^{61,71,73,78} Özellikle çocuklarda kondil, dokulardaki değişikliklere cevap verebilen remodeling merkezi olduğu için kapalı redüksiyonla başarılı sonuçlar alınmaktadır.^{78,79} Choi ve ark.⁷⁹ 3-15 yaş arasındaki kondil kırığı bulunan 11 çocuğu konservatif yöntemle tedavi ettikleri çalışmalarında, çocuklarda konservatif tedavinin başarılı sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Thoren ve ark.⁷⁸ konservatif yöntemle tedavi ettikleri 15 yaş altı 26 hastayı ortalama 8 yıl takip etmişler. Hastaların % 65'inde klinik olarak belirgin olmayan radyografik asimetri kaydetmişlerdir. Yazarlar aynı zamanda kondil kırığı bulunan çocuklarda kapalı redüksiyonla tedavi sonuçlarının radyografik olarak ideal düzeyde olmadığını buna karşın çene fonksiyonlarının uzun süreli sonuçlarının memnun edici olduğunu bildirmişlerdir.

Tedavi seçimini etkileyen bir diğer önemli faktör oklüzyon ve dişlerin durumudur. Kapanışta tüberkül derinliği ve çalışan/denge tarafında oklüzal kontaklar, tedavinin fonksiyonel ve dental sonuçlarını etkilemektedir. Oklüzal planı düz olan hastalarda open-bite görülme ihtimali yüksektir ve bu tip hastaların kapalı redüksiyonla tedavisi oldukça güç olmaktadır.⁷¹

2.8.1. Kapalı Redüksiyon (Konservatif Tedavi)

Kırık hattına cerrahi olarak yaklaşılmadan, başta ark barlar olmak üzere, splintler, vidalar ya da braketler yardımıyla İMF ile immobilizasyon sağlanır.^{43,80} Ellis ve Throckmorton⁷⁰ ‘kapalı redüksiyon’ teriminin yanlış kullanıldığını çünkü bu yöntemde çoğu zaman kırık segmentlerinin redükte olmadığını bildirmişlerdir. Bu sebeple bu teknik için ‘kapalı tedavi’ ya da ‘cerrahi olmayan tedavi’ terimlerinin kullanılmasının daha doğru olduğunu öne sürmüşlerdir.

Cerrahların büyük bir kısmı kondil kırıklarının tedavisinde konservatif yaklaşımı tercih etmektedirler. Özellikle çocuklarda, iyileşme ve adaptasyon potansiyelinin mükemmel yakın olmasından dolayı, İMF standart bir tedavi yaklaşımı olarak görülmüştür.^{54,59} Konservatif tedavinin yaygın olarak tercih edilme sebepleri, vakaların büyük çoğunluğunda başarılı sonuçlar vermesi, cerrahi tedavinin sonuçlarının değerlendirildiği geniş kapsamlı çalışmaların fazla olmaması ve cerrahi yaklaşımın fasiyal sinir hasarı ve skar oluşumu gibi komplikasyon risklerini içermesidir.^{70,71} Buna karşın İMF uygulaması da kilo kaybı, kötü ağız hijyeni, fonksiyon kaybı, sosyal ve konuşma güçlüklerine sebep olması gibi bazı dezavantajlara sahiptir.⁵⁸ Ayrıca kısmi dişli ya da dişsiz çenelerde, kırık hattında defekt olduğu durumlarda, enfekte kırıklarda

ve özel medikal veya sosyal problemleri olan hastalarda İMF kolaylıkla uygulanamamaktadır.⁸¹

Literatürde kondil kırıkları için çeşitli İMF süreleri önerilmiştir.⁸²⁻⁸⁵ Bazı yazarlar İMF uygulanmaması gerektiğini bildirirken,⁸⁵ diğerleri kırık iyileşinceye kadar ya da 6 haftaya kadar^{3,74,86} olmak üzere değişen süreler tavsiye etmişlerdir. Bununla birlikte İMF için kabul gören uygulama süresi 2-4 hafta^{46,87,88} olmakla beraber çenelerin erken immobilizasyonu ve fonksiyonel rehabilitasyonu göz önünde bulundurulması gereken bir durumdur.^{70,88}

2.8.2. Açık Redüksiyon (Cerrahi Tedavi)

Kırık hattına cerrahi olarak yaklaşılarak tel, pin, vidalar ve plaklar yardımıyla kırık parçalarının fiksasyonu sağlanır.⁸⁰ Açık redüksiyon ve internal fiksasyonda asıl amaç derhal fonksiyona olanak tanıyacak şekilde kırığın yeterli stabilizasyonunu sağlamaktır.⁸⁹

2.8.2.1 Mandibular Kondil Kırıklarının Cerrahi Tedavi Endikasyonları

Kondil kırıkları için açık redüksiyonun endikasyonları kesin ve kısmi olarak ikiye ayrılmıştır.^{54,61,63,90,91}

Kesin Endikasyonlar

- Kondilin orta kraniyal fossa içine doğru yer değiştirmesi
- Kapalı redüksiyonla yeterli oklüzyonun sağlanamayacağı durumlar
- Kondil başının lateral extrakapsüler dislokasyonu
- Eklem kapsülü içinde yabancı cisim varlığı

- Fonksiyon esnasında mekanik engel oluşturan diğer kırık dislokasyonlarının varlığı

Kısmi Endikasyonlar

- Rijit internal fiksasyonun yapılmasının mümkün olmadığı, parçalı orta yüz kırığı bulunan çift taraflı kondil kırığı bulunan hastalar.
- Aşağıdaki herhangi bir sebepten dolayı intermaksiller fiksasyon yapılamayan hastalar:
 - Kontrol altına alınamayan krizlere sahip hastalar
 - Psikiyatrik rahatsızlıklar
 - İleri derece mental retardasyon
 - Kafa ve göğüs travmalı hastalar
- Önceki maloklüzyondan dolayı ya da posterior dişlerin kaybının bir sonucu olarak uygun oklüzyonu belirlemenin imkânsız olduğu çift taraflı kondil kırığı bulunan hastalar.

Haug ve Assael⁷⁴ kondil kırıkları için açık redüksiyonunun; kondil başı kırıklarında ve genel anestezinin ileri derecede risk taşıdığı hastalık ya da travma durumlarında kesinlikle kontrendike olduğunu belirtmişlerdir. Brandt ve Haug⁶¹ kondil kırığı bulunan bir hastada; yeterli ağız açıklığı, iyi bir oklüzyon ve minimal ağrı varsa kırığın seviyesine bakılmaksızın kapalı redüksiyon (İMF) ile tedavi edilmesi gerektiğini bildirmişler; buna karşın açık redüksiyonun, stabil olmayan ya da deplase olan kondil boynu ve subkondiler kırıklarda tercih edilmesi gerektiğini savunmuşlardır.

Açık redüksiyona karar verildikten sonra tedavi planlamasında ikinci basamak, uygulanacak cerrahi yaklaşımın seçilmesidir. Deplasmanın derecesi ve kırığın

lokalizasyonu ekleme ulaşmak için kullanılacak yaklaşımın seçiminde birincil faktördür. Bu amaçla açık redüksiyon için farklı yaklaşımlar mevcuttur.⁵⁴

2.8.2.2. Mandibular Kondil Kırıklarında Cerrahi Tedavi Yaklaşımları

2.8.2.2.1. İntra-oral Yaklaşım

Kondil kırıklarında intra-oral yaklaşımı ilk olarak 1964 yılında Steinhauser tanımlamıştır. Fonksiyonun ön planda olduğu minimal deplasman görülen ramus ya da subkondiler kırıklar için tercih edilir. Çoğunlukla kondiler fragman mediale deplase olduğu zaman başvurulmuş bir yöntemdir. Ekstra-oral yaklaşımın aksine fasiyal skar olmayışı ve fasiyel sinire hasar verme olasılığı minimal olması başlıca avantajlarıdır. Dezavantajları ise; kırık hattına yaklaşımın zor olması ve fragmanların stabilizasyonunun güçlüğüyle yapılabilmesidir.^{54,80}

2.8.2.2.2. Preaurikular Yaklaşım

Bazen submandibular yaklaşımla kombine edilen bu teknik, yüksek kapsüler kırıklarda ve yabancı cisim varlığında tercih edilir.⁸⁰

2.8.2.2.3. Retromandibular Yaklaşım

İlk olarak Blair tarafından tanımlanan bu yaklaşımda, basit bir insizyonla kondil boynu kırıklarına rahatlıkla ulaşılır. Fasiyal sinirin hasar görme ihtimali çok düşük olması avantajları arasındadır.^{54,80}

2.8.2.2.4. Submandibular Yaklaşım

Düşük seviyeli subkondiler kırıklar ve ramus kırıkları için tercih edilen bir yöntemdir. Ramusun tamamını görmek için preaurikular insizyonla kombine edilir. Fasiyal sinirin marjinal dalına hasar verme ihtimalinin yüksek olması dezavantajıdır.^{54,80}

2.8.2.2.5. Face-Lift (Ritidektomi) Yaklaşımı

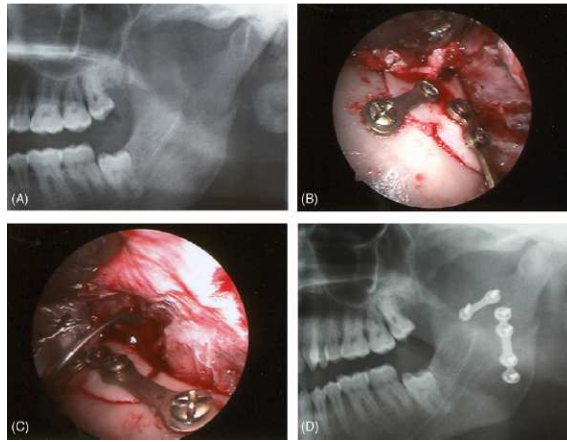
Kondil ve ramusa ulaşmak için retromandibular yaklaşımın bir modifikasyonudur. Özellikle yüksek seviyeli subkondiler kırıklarda tercih edilen bir yöntemdir.⁵⁴

2.8.2.2.6. Endoskopik yaklaşım

Günümüzde mandibula kondil kırıklarının tedavisi için açık ve kapalı redüksiyonun dışında minimal invaziv bir yaklaşım olan endoskopi destekli redüksiyon ve fiksasyon yapılmaktadır.^{92,93} Klasik açık redüksiyonla karşılaştırıldığında bu teknik, kozmetik olarak kabul edilebilir bir insizyon aracılığıyla kırık hattını aydınlatarak ve büyütürük mükemmel görüş sağlar ve bu sayede kırık segmentlerinin rahat bir şekilde redüksiyon ve fiksasyonuna olanak tanır^{93,94} (Şekil 2.10). Transoral ve transfasiyal olarak uygulanabilen bu yöntemde minimal doku diseksiyonu ve manipasyonu, hastalarda daha az ödem ve hasar ile sonuçlanır.⁹³

Subkondiler kırıkların endoskopik yaklaşımla açık redüksiyonunun klinik sonuçlarıyla ilgili ilk geniş vaka serisini 1998 yılında Lee ve ark.⁹⁵ yapmışlardır. Bu çalışmada Lee ve ark.⁹⁵ 20 subkondiler kırıklı hastanın intra-oral yaklaşımla tedavi edildiğini ve 8 hafta sonra çok az skar oluşumunun yanı sıra oldukça iyi fonksiyonel sonuçlar elde ettiklerini belirtmişlerdir. 2002 yılında Schön ve ark.⁹⁶ subkondiler kırıklı

17 hastadan oluşan serilerinde 9 hastayı ekstra-oral, 8 hastayı transbukkal- intraoral yaklaşımla tedavi etmişler, kırığın her iki tarafına en az 2 adet 2.0 mm çaplı vida yerleştirerek tüm hastalarda yeterli anatomik redüksiyon sağladıklarını bildirmişlerdir. Yazarlar, 6 ay sonra ağız açıklığının yeterli olduğunu ve hiçbir hastada TME problemi ya da ağrı olmadığını sadece submandibular olarak yaklaşılan 9 hastanın 2' sinde geçici fasiyal sinir hasarı rapor etmişlerdir.



Şekil 2.10: Redükte edilen Subkondiler kırığın endoskopik görüntüsü

Miloro⁹⁴ endoskopik yaklaşımla tedavi ettikleri subkondiler kırıklarının sonuçlarını değerlendirdikleri çalışmalarında, operasyon sonrası eklemde ses veya ağrı ile karşılaşmadıklarını, minimal fasiyal sinir hasarı ile kabul edilebilir skar oluşumu olduğunu bildirmişlerdir. Sonuç olarak endoskopik tekniğin; kabul edilebilir estetik sonuçları olan bir insizyon aracılığıyla, kırık sahasının mükemmel görüntülenmesini sağladığını belirtmişlerdir.

2.9. Mandibular Kondil Kırıklarında Açık ve Kapalı Redüksiyonla yapılan Tedavilerin Sonuçları

Literatürde mandibula kondil kırıklarında açık ve kapalı redüksiyonun sonuçlarının karşılaştırıldığı ve birbirlerine göre üstünlüklerinin belirtildiği birçok çalışma mevcuttur.^{59,61,71-75,97}

Konstantinoviç ve Dimitrijeviç⁸⁴ tek taraflı kondil kırığı bulunan 80 hastanın 26'sını cerrahi olarak, 54' ünü konservatif yöntemle tedavi etmiş ve ortalama 2.5 yıl takip etmişlerdir. Yazarlar çalışmalarında, operasyon sonrası maksimum ağız açıklığı ve açma-kapama ya da protrüzyon hareketi esnasında deviasyon açısından her iki grup arasında istatistiksel bir fark bulamamışlardır. Oezmen ve ark.⁹⁸ kondil kırığı bulunan 30 hastanın tedavisinden 6-24 ay sonra MRG incelemelerinde konservatif olarak tedavi edilen 10 hastanın 3'ünde disk deplasmanı izlerken, cerrahi olarak tedavi edilen 20 hastanın sadece 2'sinde disk deplasmanı belirlemişlerdir.

Haug ve Assael⁷⁴ 2001 yılında yaptıkları 20 hastayı kapsayan çalışmalarında, operasyon sonrası maksimum ağız açıklığı, sağ-sol lateral hareketler, protruziv hareket, ağız açmada deviasyon, oklüzyon ve ağrıyı değerlendirmişlerdir. Her iki grup arasında istatistiksel bir fark bulamamışlar; bununla birlikte kapalı redüksiyon grubunda ağrının, açık redüksiyon grubunda ise skar oluşumunun dikkat çekici olduğunu bildirmişlerdir.

Mandibula kondil kırıklarında uygulanan açık ve kapalı redüksiyonun sonuçlarını en kapsamlı şekilde araştıran yazarlardan birisi de Ellis'tir. Ellis ve ark.⁷² 65'ini kapalı 77'sini açık redüksiyonla tedavi ettikleri tek taraflı kondil kırığı bulunan 142 hastada oklüzal sonuçları değerlendirmiş, kapalı redüksiyonla tedavi edilen hastalarda önemli derecede maloklüzyon rapor etmişlerdir. Ellis ve Throckmorton⁷³

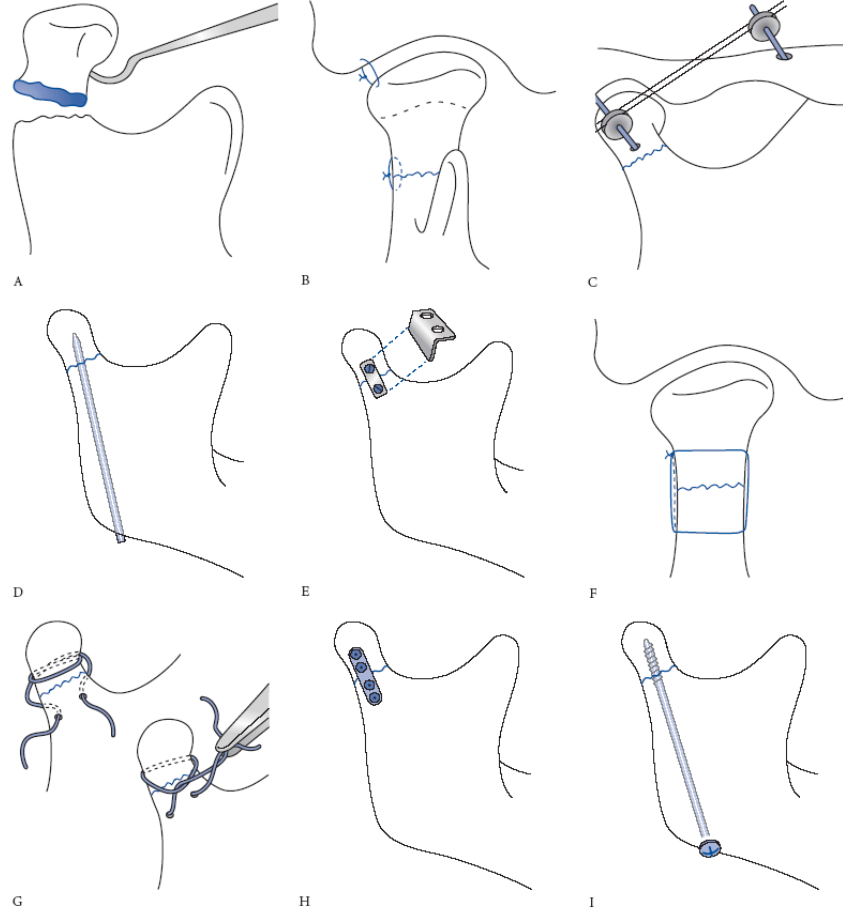
açık ve kapalı redüksiyonun sonuçlarıyla ilgili benzer bir çalışmada, operasyon sonrası fasiyal morfolojiyi değerlendirmiş; kapalı redüksiyonla tedavi edilen grupta ramus yüksekliğindeki azalmanın daha fazla olduğunu ve kırık hattına doğru oklüzal ve bigonial planın daha fazla yattığını bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada yazar 91 kapalı ve 64 açık redüksiyonla tedavi etmiş oldukları 155 hastada, operasyon sonrası ısırma kuvvetlerini değerlendirmiş ve her iki grup arasında istatistiksel bir fark olmadığını bununla birlikte 6 hafta ile 6 ay arasında ısırma kuvvetlerinde önemli derecede düzelme olduğunu rapor etmişlerdir.⁹⁷

Brandt ve Haug⁶¹ yaptıkları literatür araştırmasında; mandibular kondil kırıklarının tedavisinde açık redüksiyonla tedavi edilen vakalarda geçici fasiyal sinir paralizisi ve skar oluşumu gibi problemlerin olmasına karşın; İMF ile tedavi edilen hastalarda kronik ağrı, maloklüzyon, asimetri, kısıtlanmış hareket ve radyografik anormallikler gibi birçok problemlerin görüldüğünü belirtmişlerdir.

2.10. Kırık Redüksiyonu ve Rijit Fiksasyon:

Undt ve ark.⁴ subkondiler kırıkların açık redüksiyonla osteosentezi için ilk raporların Silverman (1925) ve Aison' a (1926) ait olduğunu bildirmişlerdir. Bu zamandan günümüze kadar birçok fiksasyon tekniği tarif edilmiştir (Şekil 2.11). Açık redüksiyon ve internal fiksasyonda fragmanları stabilize etmek için intraosseoz telleme, lag screw, Kirschner telleri, miniplak/vida sistemleri gibi çeşitli teknikler kullanılmıştır.^{61,99}

Kondil kırıklarının cerrahi tedavisinde miniplak/vida sistemleri fonksiyonel stabilizasyon sağlarken, Kirschner telleri ya da intraosseoz telleme ile yapılan fiksasyon çoğu zaman postoperatif İMF ' yi gerekli kılar.¹⁰⁰



Şekil 2.11: Günümüze kadar uygulanan çeşitli fiksasyon yöntemleri. A. Silverman (1925); B ve C. Thoma (1945); D. Stephenson (1952); E. Robinson (1960); F. Robinson (1962); G. Messer (1972); H. Kobert (1978); I. Petzel (1982).

Lag screw, kırık hatlarında karşılıklı aksiyal kompresyon uygulamak suretiyle, derhal postoperatif fonksiyona olanak tanıyan ve iyi bir kemik iyileşmesi sağlayan rijit fiksasyon sistemidir¹⁰¹ (Şekil 2.12). Kondil kırıklarının cerrahi tedavisinde sadece kondiler sahada kullanılmak üzere tasarlanmış lag screwler de kullanılmaktadır.^{101,102}

Fragmanları birbirine yaklaştırmaları ve hızlı uygulanabilmesi bu sistemlerin en büyük avantajlarıdır.¹⁰³ Bununla birlikte lag screwlerin uygulanmasının ardından ilk birkaç hafta içerisinde vidaların kaudal olarak migrasyonu çok sık karşılaşılmaktadır.¹⁰⁰ Krenkel¹⁰¹ bunun muhtemel sebebinin kırık uçlarının rezorbsiyonu olduğunu ve vida hareketinin neticesinde mandibular ramus boyunun kısaldığını belirtmiştir.



Şekil 2.12: Kondil kırıklarında lag screw uygulaması

Her ne kadar yazarlar lag screwlerin postoperatif İMF' ye gerek duyulmadan yeterli fiksasyon sağladığını rapor etse de^{101,102}, Kallela ve ark.¹⁰⁰ Krenkel ve Eckelt lag screwlerini uyguladıkları 11 hastanın klinik ve radyolojik sonuçlarını değerlendirdikleri çalışmalarında, postoperatif İMF yapılması gerektiğini öne sürmüşler ve ideal osteosentezin, kırığın iyileşme sürecinde ramus yüksekliğinin azalmasına izin vermemesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Günümüzde bu sistemler yerini, 3 boyutlu stabilizasyon sağlayan miniplak/vida sistemlerine bırakmıştır.^{54,80} Kondil kırıklarında miniplak ve vidalarla yapılan internal fiksasyonun asıl amacı, hastanın derhal fonksiyona geçmesine olanak tanıyan yeterli

stabiliteyi sağlamasıdır.⁸⁹ Miniplaklar, fonksiyon esnasında kemik fragmanlarının mikro hareketlerini engelleyen rijit fiksasyonun aksine fonksiyonel stabil osteosentez sağlarlar. Bir başka deyişle fonksiyonel stabil osteosentez, internal fiksatörler yardımıyla kemiğin fonksiyon esnasında iyileşmesine olanak tanır.¹⁰⁴

Subkondiler kırıkların miniplakla yapılan fiksasyonlarında en çok tercih edilen tekniklerden biri vertikal olarak tek plak uygulamaktır.^{74,89,105} Burada önemli olan plağın mümkün olduğunca mandibulanın posterior sınırına paralel ve yakın olmasıdır. Çünkü bu sahada kemik kalındır dolayısıyla vidalar için daha iyi destek sağlanacaktır. Bunun yanı sıra drilleme esnasında inferior alveolar damar-sinir paketine zarar verme ihtimali ortadan kaldırılmış olur.⁸⁹

Bununla birlikte tek plak yerleştirilmesinin hem deneysel^{5,106,107} hem de klinik olarak^{12,108,109} yetersiz olduğu gösterilmiştir. Bundan dolayı bazı yazarlar birisi kondil aksına paralel uzanan, diğeri sigmoid çentiğe paralel olan çift plak uygulamanın daha rijit fiksasyon sağladığını bildirmişlerdir.^{14,42,108} Wagner ve ark.⁵ yaptıkları deneysel çalışmada bu yöntemin biyomekanik olarak daha avantajlı olduğunu rapor etmişlerdir. Bununla birlikte bu tekniğin dezavantajı her bir fragmana en az 4 vida yerleştirilmesi gerekmesidir. Dolayısıyla küçük fragmanlarda çift plak uygulanması oldukça güç hatta imkânsız olabilmektedir.¹⁰⁵

Çift plak uygulamak için kondiler segmentin belirli büyüklükte olması gerektiğinden dolayı yazarlar çift plak yerine kondil yapısına uygun, özel olarak tasarlanmış trapezoid¹⁰⁵, delta şekilli¹¹⁰, triangular¹¹¹ gibi çeşitli plak formlarını rapor etmişlerdir.

Günümüzde kondil kırıklarının fiksasyonunda miniplaklar, mini dinamik kompresyon plakları, kilitli miniplaklar, mikro plaklar, rezorbe olabilen plaklar gibi birçok miniplak/vida sistemi kullanılmaktadır.^{54,99,112}

2.10.1. Miniplaklar:

1976'da Champy ve Lodde⁸ tarafından 'dinamik osteosentez' ya da 'fonksiyonel stabil osteosentez' olarak adlandırılan miniplak osteosentezinin temel prensiplerinin ortaya konmasının ardından 1980 yılında Pape ve ark.⁹ ilk olarak kondil kırıklarında intra-oral redüksiyon ile miniplak osteosentezini rapor etmiştir. Çene kırıklarının fiksasyonunda kullanılan miniplak sistemlerinde, plağın kolay bir şekilde uygulanabilmesi ve kırık iyileşmesi esnasında yeterli dirence sahip olması göz önünde bulundurulması gereken özelliklerdir.¹¹³ Bu sebeple günümüzde barlı ya da barsız, 'L', 'ters L', 'T', 'çift T', 'Y', 'çift Y' gibi çeşitli şekil ve büyüklükte birçok farklı miniplak tipi kullanılmaktadır (Şekil 2.13). Miniplaklar kalınlıklarına göre standart miniplak (2.0 mm), orta boy plak (1.5 mm) ve mikro plak (1.0 mm) olarak sınıflandırılabilir.¹¹⁴ Bunun yanı sıra bu sistemler, plakların vida yuvalarının yapısal özelliklerine bağlı olarak eksentrik kompresyon, dinamik kompresyon, kilitli miniplaklar olarak ta ayrılabilirler.¹¹⁴



Şekil 2.13: Çeşitli boy ve şekillerde miniplaklar

2.10.2. Mini-kompresyon Plakları:

İlk olarak 1968 yılında Luhr²⁹ maksillofasiyal cerrahide dinamik kompresyon plaklarının uygulama prensiplerini tanıtmıştır. Bu sistemlerde düz miniplaklardan farklı olarak plağın aksına paralel olarak uzanan kompresyon yuvası bulunur. Vida başının yerleştiği bu yuvanın eğimli olmasından dolayı vida sıkıştırıldığında zaman plakta kayma hareketi meydana gelir (Şekil 2.14). Düz miniplakların aksine; kompresyon plakları kullanıldığında zaman, fragmanlar birbirine doğru sıkışır, böylece fragmanlar arasındaki sürtünme kuvveti artarak mobilite ihtimali azalmış olur.¹¹⁵ Bu sistemlerde plağın rotasyonel hareketlerini azaltmak için, kırık hattının her iki tarafına en az iki vida gereklidir. Bununla birlikte kompresyon deliklerindeki vidaların sıkılmasının ardından dış tarafta kalan pozisyonel vidalar sıkılır.¹¹⁵ Standart miniplaklar ile kompresyon miniplaklarının kullanımının klinik sonuçlarının karşılaştırıldığı çalışmalarda özellikle standart miniplak kullanılan hastalarda plak kırılması rapor edildiği görülmektedir.^{12,108}



Şekil 2.14: Kompresyon miniplak

Kompresyon plaklarının kullanımı için bazı kontrendikasyonlar vardır. Bunlardan birincisi kemik kaybının bulunduğu kırıklardır. Bu tip vakalarda kompresyon plağı uygulanması esnasında kırık parçalarının konumları değişeceğinden dolayı kötü iyileşme meydana gelebilmektedir. Bunun yanı sıra dişli hastalarda maloklüzyon; dişsiz hastalarda ise 'TME' de aşırı stres oluşabilmektedir.¹¹⁵ Kompresyon plaklarının kullanımının riskli olacağı benzer bir durum kemikte enfeksiyon varlığıdır. Bu durum, kırık hattında kemik kaybıyla sonuçlanan kemiğin debridementini gerektirmektedir. Böyle vakalarda, kırığın fiksasyonu için enfekte sahanın uzağından her bir fragmana en az dört vida gelecek şekilde uzun rekonstrüksiyon plağı yerleştirilmesi tavsiye edilmiştir.¹¹⁵

Son olarak, kompresyon plaklarının kullanımını kısıtlayan etkenler arasında kırığın tipi bulunmaktadır. Oblik kırıklarda kompresyon plağı uygulanmasıyla beraber, kırık parçaları birbiri üzerine repoze olabilmekte ve bu durum çoğu zaman kötü iyileşmeyle sonuçlanmaktadır.¹¹⁵

2.10.3. Mikro Plaklar:

Geleneksel miniplaklar ya da rekonstrüksiyon plakları mandibula kırıklarının tedavisinde oldukça sık kullanılmasına karşın fazla olan profil kalınlıkları sebebiyle enfeksiyon, yara iyileşmesinde gecikme, diş ve köklere zarar verilmesi, çevre sert ve yumuşak dokulara zarar verilmesi gibi komplikasyonlara zemin hazırlayabilmektedir.^{34,35}

Standart miniplaklar 2.0 mm profile sahip iken mikro plaklar 1.0 mm ya da daha az kesit kalınlığına sahip sistemlerdir (Şekil 2.15). Mikro plaklar; düşük profilleri sayesinde zigomatik ark, infraorbital kenar gibi yumuşak doku kalınlığının az olduğu sahalarda tercih edilirler. Mikro plakların daha az palpe edilebilir olması, daha az manipulasyon gerektirerek kemiğe kolay adapte edilebilmesi, iatrojenik zarar verme ihtimalinin daha düşük olması ve daha az komplikasyona sebep olması gibi avantajları vardır.^{114,116}



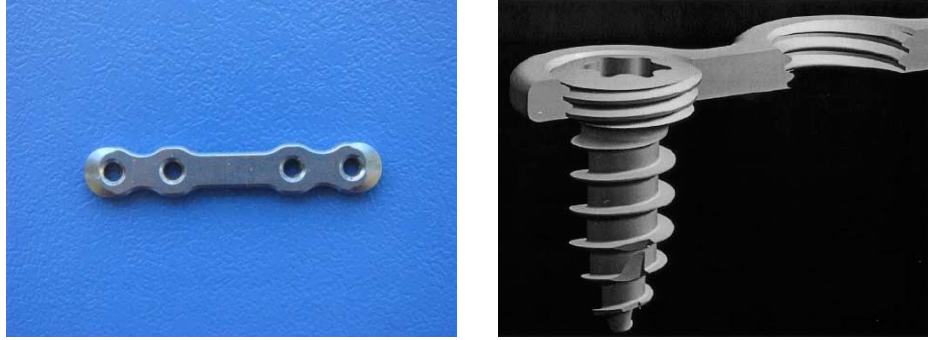
Şekil 2.15: Mikro plak ve standart miniplak

Mandibula kırıklarının mikro plaklarla internal fiksasyonunun klinik sonuçlarının değerlendirildiği çalışmalarda, düşük profile sahip bu sistemlerde daha az komplikasyon oranı rapor edilmiştir.^{34,35} Bunun yanı sıra Feller ve ark.¹¹⁷ osteosentez materyalinin boyutlarının mümkün olduğu kadar küçük tercih edilmesinin önde gelen amaçlardan birisi olması gerektiğini ve mikro plakların küçük boyutlarına rağmen miniplaklarla birlikte kullanıldıklarında yeterli stabilizasyon sağladıklarını belirtmişlerdir.

Santler ve ark.⁵⁹ mikro plakların yeterli stabilizasyon sağlamamalarına rağmen, yumuşak dokularda minimum kalınlık yaptıklarını, dolayısıyla özellikle çocuklarda kondil kırıklarının tedavisinde son derece avantajlı olduklarını bildirmişlerdir.

2.10.4. Kilitli Plaklar:

Miniplak osteosentezi kilitli ve kilitli olmayan sistemler olmak üzere 2 grup altında sınıflandırılabilir. Geleneksel plaklar kırık parçalarını sıkıca bir arada tutabilmesine karşın; kilitli sistemlerin sahip olduğu vida yuvaları, ilave vida yivleriyle desteklenmiştir (Şekil 2.16). Dolayısıyla bu özellik sayesinde daha fazla stabilizasyon sağlanmıştır.⁹⁹ Mandibula kırıklarının internal fiksasyonunda vida gevşemesi ve plak kırılması enfeksiyon ve komplikasyon oranını artıran başlıca risk faktörü olarak düşünülmektedir.^{31,32} Kilitli miniplak/vida sistemleri doğru yerleştirildiği takdirde vida gevşeme ihtimalini minime indirmektedir. Kilitli miniplak/vida sistemlerinin hem plağa hem kemiğe kilitlenmesiyle; kemiğe direk baskı oluşturmadığı için kemiğin kan dolaşımına daha az müdahale etmesi, daha az vida gevşemesi, daha fazla stabilite sağlaması başlıca avantajlarıdır.¹⁰⁴



Şekil 2.16: Kilitli miniplak/vida sistemi

Seemann ve ark.⁹⁹ 129 hastayı kapsayan serilerinde kilitli ve geleneksel miniplakların klinik sonuçlarını karşılaştırmışlar ve plak kırılması her iki grupta olurken, vida gevşemesinin sadece geleneksel miniplak grubunda olduğunu rapor etmişlerdir. Yazarlar aynı çalışmada kilitli plakların rapor edilmeyen bir avantajı olarak; osteosentez başarısız olduğu zaman vidaların yumuşak doku içerisine yönelmediklerini bildirmişlerdir.

Ribeiro-junior ve ark.¹¹⁸ geleneksel miniplak sistemleriyle kilitli miniplak/vida sistemlerini karşılaştırdıkları in vitro çalışmalarında, kilitli sistemlerin geleneksel sistemlere göre daha dirençli olduğunu bildirmişlerdir. Buna karşın Singh ve ark.¹⁰⁴ 2.0 mm kilitli ile 2.0 mm geleneksel sistemlerin klinik sonuçlarını karşılaştırmışlar her iki grup arasında kısa dönem komplikasyon oranlarının benzer olduğunu rapor etmişlerdir.

2.10.5. Rezorbe Olabilen Miniplak\ Vida Sistemleri (PLLA-PGA) :

Titanyum plaklar maksillofasiyal alanda 40 yılı aşkın süredir kullanılmaktadır. Bu plakların iyileşmeyi takiben rutin olarak çıkarılması hakkında cerrahlar arasında görüş birliğine varılmamıştır. Genel kanı klinik olarak bulgu vermedikçe çıkarılmaması gerektiği yönündedir.¹¹⁹ Titanyum materyalinin biyouyumluluğu çok iyi olmasına rağmen kullanımına bağlı olarak kronik enflamasyon,¹²⁰ çevre dokularda debris ve pigmentasyon,¹²¹ MRG ve BT gibi görüntüleme yöntemleri esnasında saçılma, palpe edilebilirlik ve sıcak-soğuk hassasiyeti¹²² rapor edilmiştir. Titanyum miniplak sistemleriyle osteosentez yapılan hastalarda bahsedilen durumlar söz konusu olduğunda ikinci bir cerrahi işlemle plakların çıkarılması gerektiğinden dolayı araştırmacılar eriyebilen materyaller üzerinde yoğunlaşmışlardır (Şekil 2.17).



Şekil 2.17: Rezorbe olabilen miniplak

Maksillofasiyal sahada rezorbe olabilen materyalleri ilk olarak 1971 yılında Kulkarni ve ark.³⁶ kullanmışlardır. Başlangıçta rijit fiksasyon için kullanılan eriyebilen materyaller; poliglikolik asit (PGA), polilaktit asit (PLA), polidioksanon (PDS) idi. Bu materyaller klinik olarak kabul edilebilir rijit fiksasyonu yeterince sağlamadıklarından

yapısal olarak kuvvetlendirilmiş poliglikolik asit (SR-PGA) ve polilaktit asit (SR-PLA) gündeme gelmiştir. İki polimer birleşimi PLA/PGA, kristalize poli-L-laktit asit (PLLA) ve PLLA/PGA birleşimi kullanılan diğer eriyebilen materyaller arasındadır.^{113,114}

İnternal fiksasyon amacıyla kullanılan rezorbe olabilen materyallerin değişik oranlarda eriyebilme özellikleri vardır. PLLA/PGA kopolimerinin erimesi karbondioksit ve suya hidrolizi ile meydana gelmektedir. Materyalin büyüklüğü ve yüzey karakteristiğinin yanı sıra yerleştirildiği sahanın pH ve sıcaklığı rezorbsiyonu etkileyen faktörlerdir.¹²³ Eriyebilen miniplak/vida sistemlerinin rezorbsiyon süreci, radyografide vida deliklerinin ossifikasyon derecelerinin değerlendirilmesine bağlı olarak subjektif olarak yapılmaktadır.¹²³ Landes ve Ballon¹²⁴ eriyebilen miniplak/vida sistemlerini kullanarak tedavi ettikleri 30 hastayı kapsayan serilerinde, operasyonu takiben bir yıl sonra hastaların % 30 unda drill yuvalarında tamamen reossifikasyon izlemişler; üç yıl sonunda bu oranın % 94 olduğunu rapor etmişlerdir. Ferretti¹²³ 31 hastayı kapsayan benzer bir çalışmada, ossifikasyon sürelerinin anatomik bölgelere göre değiştiğini; simfizdeki vida delikleri 24, 36 hatta 48 ayda bile görülür halde iken korpus ve angulusta vida deliklerinin 15 aydan sonra nadiren görüldüğünü rapor etmiştir. Laughlin ve ark.¹¹³ eriyebilen miniplak/vida sistemlerinin 2-4 yıl içerisinde rezorbe olduklarını bildirmişlerdir.

PLLA/PGA sistemlerinin doku uyumunun oldukça iyi olduğu bilinmektedir.¹²⁵ Bununla birlikte; nadiren de olsa bu materyallerin yerleştirildiği sahada, rezorbsiyon ürünlerinin lokal birikimi kısa süreli (PGA) ya da uzun süreli (PLLA) yumuşak doku reaksiyonlarına sebep olabilmektedir.^{123,126} Yerit ve ark.¹²⁵ SR-PLLA polimeriyle fiksasyon yaptıkları 22 hastadan oluşan serilerinde, sadece bir hastada enfeksiyon ve iyileşmenin bozulması sebebiyle plağın çıkarıldığını bildirmişlerdir. Suzuki ve ark.⁴²

kondil kırığı bulunan 14 hastada PLLA miniplak sistemini kullanmışlar ve operasyon sonrası dönemde hiçbir hastada enfeksiyon bulgusuna rastlamadıklarını sadece iki hastada plakların yerleştirildiği sahada hafif hassasiyet olduğunu rapor etmişlerdir.

Eriyebilen fiksasyon sistemlerinden beklenen fiziksel özellikler; kırık iyileşme sürecinde gelecek yüklere karşı yeterli direnci gösterebilmesi, yeterli stabilite sağlaması, herhangi bir komplikasyon meydana gelmeksizin tamamen eriyebilmesidir.^{113,125} Eriyebilen materyallerin kullanımı için başlıca kısıtlama sistemlerin mekanik zayıflığıdır. Özellikle yapısal olarak güçlendirilmemiş sistemler mekaniksel olarak yeterli sertlik ve kuvvete sahip olmadıklarından güvenilir fiksasyon sağlayamamaktadırlar.¹²⁵ PLLA gibi polimerlerin mikro yapılarındaki değişiklikler sayesinde mekanik dayanımları önemli ölçüde arttırılmıştır.¹²² Yapısal olarak güçlendirilmiş bu sistemlerin mekanik karakteristiğinin yeterli fiksasyon sağlayacak seviyede olduğu bildirilmiştir.^{42,123,126}

Suzuki ve ark.⁴² PLLA plaklar ile yapmış oldukları çalışmalarının sonucunda, mandibula kondil kırığının redüksiyonunda yeterli osteosentez sağlandığını rapor etmiştir. Rasse ve ark.⁴¹ yaptıkları hayvan çalışmasında, deneysel kondil boynu kırıklarında eriyebilen poli (D,L) laktit (PDLA) plak ve vida kullanmışlar, iki adet eriyebilen plak ile yeterli stabilizasyon sağlandığını ifade etmişlerdir.

2.11. Mandibula Kondil Kırıklarının Komplikasyonları

Kondil kırıklarının açık ya da kapalı redüksiyonla tedavisi sonrası komplikasyonlar meydana gelebilmektedir. Bu komplikasyonlar tedavi sonrası erken dönem ve geç dönem olarak ikiye ayrılmıştır.^{54,127}

2.11.1. Operasyon Esnasında ya da Tedavi Sonrası Erken Dönemde Görülen Komplikasyonlar

2.11.1.1. Timpanik plağın kırılması:

Mandibula boyunca anteriordan posteriora doğru iletilen kuvvet kondil aracılığıyla timpanik plağa transfer olur ve bu kuvvet yeterince büyükse timpanik plakta kırılmaya sebep olabilir. İlk belirtisi dış kulak yolundan kanama olmasıdır.⁵⁴

2.11.1.2. Orta kraniyal fossaya kondil segmentinin deplasmanı ile glenoid fossa kırığı

Özellikle çene ucuna travma geldiği zaman bu kuvvet direk olarak kondil ve glenoid fossaya taşınır. Preaurikular hassasiyet, mandibulanın etkilenen tarafa deviasyonu, ağız açmada ileri derece kısıtlılık ve dış kulak yolunda kanama olması belirtiler arasındadır.⁶⁴ Ohura ve ark.⁶⁴ 2006 yılında yaptıkları literatür taramasında, kondil başının orta kraniyal fossaya dislokasyonunun sadece 48 vaka ile oldukça ender olduğunu bildirmişlerdir.

2.11.1.3. V. ve VII. Kraniyal sinir hasarı:

Özellikle fasiyal sinir hasarı yaralanma sonucu ya da çoğu zaman operasyon esnasında iatrojenik olarak meydana gelir. Mandibula kondil kırıklarının tedavisinde ekstraoral yaklaşımın başlıca riski fasiyal sinir hasarıdır. Yapılan çeşitli çalışmalarda kondil kırıklarının açık redüksiyonla tedavisinde % 0- % 41.7 arasında değişen oranlarda fasiyal sinir hasarı bildirilmiştir.^{83,128}

Aynı zamanda kondil segmenti mediale aşırı deplase olduğu durumlarda lingula mandibula hizasından inferior alveolar sinire hasar verebilir.^{54,71} Griffiths ve

Townend¹²⁹ hazırladıkları vaka raporunda, kondil segmentinin mediale disloke olduğu tek taraflı kondil kırığı bulunan hastada inferior alveolar ve lingual sinir baskısına bağlı olarak parestezi görüldüğünü ve açık redüksiyonla tedaviden 1 yıl sonra % 70 düzelme olduğunu rapor etmişlerdir.

2.11.2. Geç Dönem Komplikasyonları

2.11.2.1. Maloklüzyon

Kondil kırıklarını takiben maloklüzyon; ya kondiler ‘büyüme merkezi’ ndeki değişikliklerden ya da kırık parçalarının farklı bir pozisyonda iyileşmesinden kaynaklanmaktadır.⁵⁴ Maloklüzyon sadece klinisyen açısından değil aynı zamanda hasta açısından da önemli bir sorundur. En küçük oklüzal bozukluklar bile hastada can sıkıcı bir durum olarak ifade edildiği için travma öncesi oklüzal ilişkiyi sağlamak gerekmektedir.⁷² Açık ve kapalı redüksiyon sonrası oklüzal sonuçların değerlendirildiği çalışmalar açık redüksiyonla tedavi edilen hastalarda oklüzal ilişkilerin daha iyi olduğunu göstermiştir.^{61,72}

2.11.2.2. Büyüme Bozuklukları:

Kondil kırıklarından sonra görülebilen büyüme bozuklukları, travma esnasında kondile gelen direk kuvvet neticesi ya da etraftaki skar dokuları veya fibröz dokular ile sekonder olarak olmak üzere iki mekanizmanın sonucu meydana gelebilir.⁵⁴ Genç bireylerde genellikle kalıcı hasar olmaksızın kondil kırığının iyileştiği görülmektedir. Özellikle kondilin fonksiyon ve morfolojik tamir yeteneğinin üst seviyede olduğu 12 yaş altındaki hastalarda iyileşme potansiyeli çok daha yüksektir.⁵⁴ Yapılan çalışmalar, hastanın yaşının arttıkça remodeling yeteneğinin azaldığını dolayısıyla fonksiyonel ve morfolojik bozukluklarda artış olduğunu göstermiştir.^{130,131} Normal büyüme bozulursa

etkilenen tarafta ramus yüksekliği azalır ancak diğer tarafta büyüme normal olarak devam eder sonuçta unilateral büyüme bozukluğu asimetriyle sonuçlanır. Bilateral büyümenin baskılanması ise mandibular retrognatizm ile sonuçlanmaktadır.⁶³

2.11.2.3 Ankiloz

Kondil kırıklarının en ciddi komplikasyonlarından biri TME ankilozudur. Ankilozun en sık sebebi travmadır (%31- %98). Bunu sistemik ya da lokal enfeksiyon (%10- %49) ve romatoid artrit, ankilozan spondilit gibi sistemik hastalıklar (%10) takip eder.¹³² Travma neticesi meydana gelen ankiloz çoğunlukla çocuklarda meydana gelir ve intra-kapsüler kırıklar ile artmış İMF süresine bağlı olarak gelişebilir.⁶³ Etiyolojisinde yaygın olarak kabul edilen görüş anormal fibrotik doku oluşumuyla sonuçlanan eklem içi kanamadır. Bunun yanı sıra hasara uğramış eklem yüzeyleri uzun süre fonksiyonsuz kalırsa ankiloz oluşma ihtimali yüksektir. Bu nedenle özellikle çocuklarda İMF süresini kısaltarak mümkün olduğuunca erken mobilizasyon ile bu komplikasyonun meydana gelme sıklığı azaltılacaktır.⁶³

2.11.3. Miniplak/ Vida Sistemine Bağlı Komplikasyonlar

Tartışmalı olmakla beraber, kondil kırıklarında internal fiksasyon için kullanılan miniplak/vida sistemleri klinik olarak belirti vermedikçe çıkarılmazlar.¹³³ Miniplakların başlıca çıkarılma sebebi enfeksiyon ve/veya plağın açığa çıkmasıdır. Plağın açığa çıkması başta mandibula ve antrumun ön duvarı olmak üzere fasiyal sahada herhangi bir yerde görülebilir.¹³⁴ Enfeksiyon ise en sık çok parçalı kırıklarda görülmektedir.^{119,133,134}

Miniplakların çıkarılma sebeplerinden ikincisi plağın palpe edilebilir olmasıdır.¹³⁴ Yumuşak doku kalınlığı az olan periorbital saha ve çene ucunda karşılaşılan bir durumdur. Bunlardan başka plakların çıkarılma sebepleri arasında plak

kırılması ve vida gevşemesi bulunmaktadır.^{119,134} Plak kırılması yada vida gevşemesi direk olarak osteosentez materyaliyle ilgilidir.⁹⁹ Rallis ve ark.¹³⁴ 4 yıl takip ettikleri miniplak uygulanan 280 hastanın 27'sinde plakların çıkarılmak zorunda kalındığını, en sık plak çıkarılma sebebinin (% 46) enfeksiyon ve/veya plağın açığa çıkması olduğunu, vida gevşemesi ve plak deplasmanının ise % 2.7 olduğunu rapor etmişlerdir. Bhatt ve ark.¹¹⁹ plak çıkarılma sebepleri arasında enfeksiyonu % 50, plak açığa çıkmasını ise % 34 olarak bildirmişlerdir. Benzer bir çalışmada O'Connell ve ark.¹³³ en sık plak çıkarılma sebebini enfeksiyon olarak bildirirken (% 41), plak kırılmasının % 3.85 gibi göz önünde bulundurulması gereken bir değer olarak rapor etmişlerdir. Seemann ve ark.⁹⁹ plak kırılması ve vida gevşemesinin direk olarak osteosentez materyali ile ilgili olduğunu ve yaptıkları literatür taramasında 2.0 mm sistemlerde plak kırılması ve vida gevşemesini % 5 – % 30.4 olarak rapor edildiğini bildirmişlerdir. Hammer ve ark.¹⁰⁸ kondil boynu kırığı bulunan 30 hastanın osteosentezi sonucunda plak kırılmasını % 13, vida gevşemesini % 10 olarak rapor etmişler ve osteosentez sisteminin, en azından kemik iyileşme sürecinde fonksiyonel kuvvetlere karşı koyabilecek biyomekanik dirence sahip olması gerektiğini bildirmişlerdir. Dolayısıyla mandibular kondil kırıklarında miniplak/vida sistemleriyle yapılan osteosentezin başarısı ve komplikasyon oranının azaltılmasında biyomekanik çalışmaların önemi büyüktür.

2.12. Biyomekanik Prensipler ve Çeşitli Miniplak/Vida Sistemleriyle Yapılan Biyomekanik Çalışmalar

Mandibula çiğneme kasları tarafından oluşturulan kuvvetlerin yanı sıra TME ve dişler aracılığıyla oluşan reaksiyon kuvvetlerine maruz kalır.¹³⁵ Bununla birlikte, kondil boynuna gelen kuvvetlerin yönü ve şiddeti henüz tam olarak açıklanamamıştır.¹¹ Gerek çene açma kasları gerekse çene kapama kasları pozitif tork kuvveti oluştururlar. Bu tork

kuvveti neticesi mandibular kondil artikular eminense karşı baskı oluşturarak reaksiyon kuvvetlerinin oluşmasına sebep olmaktadır.¹³⁶

Oklüzal kuvvetler; yutkunma, çiğneme ve maksimum ısırma kuvvetleri olarak sınıflandırılabilir. Yaş, cinsiyet ve ölçüm metoduna bağlı olarak değişmekle birlikte sağlıklı bireylerde maksimum ısırma kuvvetleri 15.7 N ile 4341.4 N, yutkunma kuvvetleri 1.7 N ile 296 N, çiğneme kuvvetleri ise 15.7 ile 261.7 N arasında değişmektedir.¹⁰ Bununla birlikte, mandibula kondil kırıkları sonrası çiğneme kuvvetlerinin miktarını ve bu kuvvetlerin kondiler yapıya ne oranda yansıdığını gösteren çalışmalar oldukça azdır. Dos Santos ve Rijik¹³⁷ çiğneme sisteminde kondile gelen kuvvetlerin matematiksel analizini yapmışlar ve çiğneme kuvvetlerinin yaklaşık % 31'nin kondiler proçese taşındığını bildirmişlerdir. Koolstra ve ark.¹³⁸ tarafından yapılan benzer bir çalışmada, ısırma esnasında oluşan eklem reaksiyon kuvvetlerinin, aynı taraftaki molar ısırma kuvvetinin % 65 ine kadar ulaşabildiği rapor edilmiştir. Talwar ve ark.¹³⁹ çift taraflı kondil kırığı bulunan hastalarda tedavi sonrası ısırma kuvvetlerini değerlendirmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda, tedaviden 6 hafta sonra sağ ve sol molarlar bölgesinde maksimum ısırma kuvvetlerini sırasıyla 161.7 N ve 169.5 N olmasına karşın sağlıklı bireylerde bu değerleri 430.2 N ve 440.2 N olarak rapor etmişlerdir. Dolayısıyla, kırık kondiler yapının erken fonksiyonel rehabilitasyonunu sağlamak için kullanılan osteosentez materyallerinin maksimum yüklenme kapasitesi, eklemin reaksiyon kuvvetlerinden fazla olmalıdır.¹¹

Mandibular subkondiler kırıkların rijit fiksasyonu ile ilgili literatürde çok az sayıda biyomekanik çalışma bulunmaktadır. Kondil kırıklarının miniplak/vida sistemleriyle tedavisinin biyomekanik özelliklerini değerlendiren ilk çalışma 1997' de Ziccardi ve ark.¹⁰⁹ tarafından yapılmıştır. Yazarlar sentetik mandibula kullanarak

yapmış olduğu çalışmada, dayanıklılık ve harekete karşı direnç yönünden Wurzburg lag screwler ile 4 delikli miniplak sistemlerini karşılaştırmışlardır. Benzer çalışmada Haug ve ark.¹⁰⁶ sentetik poliüretan mandibula üzerinde 2.0 mm kilitli, düz miniplak ve kompresyon plaklarını karşılaştırmışlar, biyomekanik açıdan mini dinamik kompresyon plaklarının en avantajlı olduğunu rapor etmişlerdir.

2006 yılında Tominaga ve ark.¹⁵ PLLA sistemlerinin biyomekanik stabilitesini ilk olarak değerlendiren yazar olmuştur. Eriyebilen ve titanyum miniplaklar ile Eckelt lag screwlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, çift titanyum plak sisteminin en fazla kuvveti tolere ettiğini bildirmişlerdir. 2009 yılında Pilling ve ark.¹¹ domuz çeneleri kullanarak kondil kırıklarında çeşitli osteosentez tekniklerini karşılaştırdıkları çalışmalarının sonucunda bir adet eriyebilen plakla yapılan osteosentezin biyomekanik olarak fonksiyonel stabilizasyon sağlamadığını belirtmişlerdir. Asprino ve ark.¹ ve Gealh ve ark.² çift miniplak sistemlerinin biyomekanik açıdan daha stabil fiksasyon sağladığını bildiren diğer yazarlardır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma, mandibula kondil kırıklarında kullanılan fiksasyon yöntemlerinin erken postoperatif stabilitelerinin karşılaştırılması amacıyla koyun mandibulaları üzerinde yapılmıştır (Şekil 3.1). Deneylerimizde koyun hemimandibulası tercih etmemizin nedeni insan mandibulasına anatomik olarak oldukça yakın olmasıdır. Canlı ağırlıkları ortalama 40 kg olan 15-20 aylık koyunlardan elde edilen mandibulalar tüm yumuşak dokularından temizlendikten sonra keser dişler arasından orta hat hizasında ikiye bölünerek 35 adet hemimandibula elde edilmiştir. Hemimandibulalar deney aşamasına kadar -24° C de soğuk hava deposunda muhafaza edilmiştir. 35 adet hemimandibula 5 örnek içerecek şekilde 7 gruba rastgele dağıtılmıştır.



Şekil 3.1: Çalışmada kullanılan koyun hemimandibulaları

Koyun mandibulalarında koronoid çıkıntılarının çok uzun olması sebebiyle önceden tasarlamış olduğumuz fiksasyon aygıtına yerleştirmede ve deneysel kuvvet vermede zorluk oluşturmaktadır (Şekil 3.2). Bu nedenle koronoid çıkıntılarının

uzaklaştırılması amacıyla, sigmoid çentiğın en derin noktasından başlayarak ramus ön kenarına paralel olarak 1 cm aşağı noktasına kadar vertikal kesi yapıldı. Daha sonra bu kesi horizontal planda mandibula alt kenarına paralel bir şekilde ramus ön kenarı ile birleştirilerek koronoid çıkıntılar çıkarıldı (Şekil 3.3).



Şekil 3.2: Koyun hemimandibulası

3.1. Deneysel Subkondiler Kırık Hattı Oluşturulması ve standardizasyonu

Deneysel kırık hattının standardizasyonu için; mandibula alt kenarı ile kondil başı arasındaki mesafenin 1/3 lik kısmı işaretlenerek, bu nokta ile koronoid çıkıntıyı uzaklaştırmak için yapılan vertikal ve horizontal kesilerin kesişme noktaları arasında uzanan hatta elmas disk yardımıyla bikortikal osteotomi gerçekleştirildi (Şekil 3.3).

Modellere uygulanacak deneysel kuvvetin yerinin standardizasyonu için kondil başının 10 mm önüne kalın fissür frezle çentik açıldı. Ayrıca, osteotomileri tamamlanan

mandibulalar üzerinde, fiksasyon amacıyla kullanılacak plakların yerleşeceği noktalar ölçülerek sabit kalemle işaretlenip standardize edilmiştir.



Şekil 3.3: Deneysel kırık hattı

3.2. Rijit Osteosentez Grupları

Çalışmamızda titanyum 4 delikli 9 mm barlı 2.0 mm düz miniplak (Trimed Titanium Implant System, Ankara/TÜRKİYE); 4 delikli 6 mm barlı düz 1.0 mm mikro plak (Trimed Titanium Implant System, Ankara/TÜRKİYE); 4 delikli ‘Y’ şekilli 9 mm barlı 2.0 mm miniplak (Trimed Titanium Implant System, Ankara/TÜRKİYE); 4 delikli barlı düz kilitli plak (Walter Lorenz Surgical Inc., Biomet, Florida/USA); 4 delikli PLLA/PGA barlı düz 2.0 mm rezorbe olabilen miniplak (Lactosorb, Biomet, Florida, USA) kullanılmıştır.

Ayrıca çalışmamızda; titanyum mini plaklar için 2,0 mm X 7,0 mm self tapping (Trimed Titanium Implant System, Ankara/TÜRKİYE), mikro plaklar için 1,6 mm X 9,0 mm self tapping (Trimed Titanium Implant System, Ankara/TÜRKİYE), rezorbe olabilen plaklar için 2.0 mm X 7.0 mm PLLA/PGA rezorbe olabilen vidalar (Lactosorb, Biomet, Florida, USA) kullanılmıştır. Titanyum miniplaklar için 1,6 mm, mikro plaklar için 1.2 mm çaplı driller kullanılmıştır. Rezorbe olabilen plaklar için ise 1,5 mm çaplı drill ve 2.0 mm çaplı yiv açıcı kullanılmıştır.

3.2.1 Rijit Fiksasyon Grupları

Çalışmamızda 7 farklı rijit fiksasyon grubunun biyomekanik stabiliteleri karşılaştırılmıştır (Tablo 3.1).

GRUP A: Tek titanyum miniplak. 2.0 mm x 7.0 mm bikortikal vidalar kullanarak, kondil boyununun lateral korteksi hizasında kondilin aksına uygun olarak vertikal yönde yerleştirilmiş bir adet 4 delikli titanyum düz mini plak (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: Tek titanyum miniplak

GRUP B: Tek rezorbe olabilen (PLLA/PGA) miniplak. Bikortikal 2.0 mm X 7.0 mm rezorbe olabilen vidalar kullanarak, kondil boynunun lateral korteksi hizasında kondilin aksına uygun olarak vertikal yönde yerleştirilmiş bir adet 4 delikli PLLA/PGA rezorbe olabilen düz miniplak (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: Tek rezorbe olabilen miniplak

GRUP C: Tek titanyum mikro plak. Bikortikal 1,6 mm X 9.0 mm vidalar kullanarak, kondil boynunun lateral korteksi hizasında kondilin aksına uygun olarak vertikal yönde yerleştirilmiş bir adet 4 delikli titanyum düz mikro plak (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Tek mikro plak

GRUP D: Tek titanyum ‘Y’ mini plak. 2.0 mm x 7.0 mm bikortikal vidalar kullanarak, plağın bir kolu kondil boynunun lateral korteksi hizasında kondilin aksına uygun olarak vertikal yönde, diğer kolu horizontal planda olacak şekilde yerleştirilmiş bir adet 4 delikli titanyum ‘Y’ şekilli miniplak (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Tek ‘Y’ şekilli miniplak

GRUP E: Tek titanyum kilitli plak. 2.0 mm x 7.0 mm bikortikal vidalar kullanarak, kondil boynunun lateral korteksi hizasında kondilin aksına uygun olarak vertikal yönde yerleştirilmiş bir adet 4 delikli titanyum düz kilitli plak (Şekil 3.8).



Şekil 3.8: Tek titanyum Kilitli plak

GRUP F: Çift titanyum mikro plak. 1.6 mm X 9.0 mm bikortikal vidalar kullanarak, bir plak kondil boynunun lateral korteksi hizasında kondilin aksına uygun olarak vertikal yönde, diğeri ise bu plakla yaklaşık 45 derece açı yapacak şekilde sigmoid çentiğinin altına yerleştirilmiş iki adet titanyum düz mikro plak (Şekil 3.9).



Şekil 3.9: Çift titanyum mikro plak

GRUP G: Çift titanyum miniplak. 2.0 mm x 7.0 mm bikortikal vidalar kullanarak, bir plak kondil boynunun lateral korteksi hizasında kondilin aksına uygun olarak vertikal yönde, diğeri ise bu plakla yaklaşık 45 derece açı yapacak şekilde sigmoid çentiğin altına yerleştirilmiş iki adet titanyum düz mini plak (Şekil 3.10).



Şekil 3.10: Çift titanyum miniplak

Tablo 3.1: Rijit Fiksasyon Grupları

Rijit Fiksasyon Grupları	
Grup A	Tek titanyum miniplak
Grup B	Tek rezorbe olabilen (PLLA/PGA) miniplak
Grup C	Tek titanyum mikro plak
Grup D	Tek titanyum ‘Y’ miniplak
Grup E	Tek titanyum kilitli plak
Grup F	Çift titanyum mikro plak
Grup G	Çift titanyum miniplak

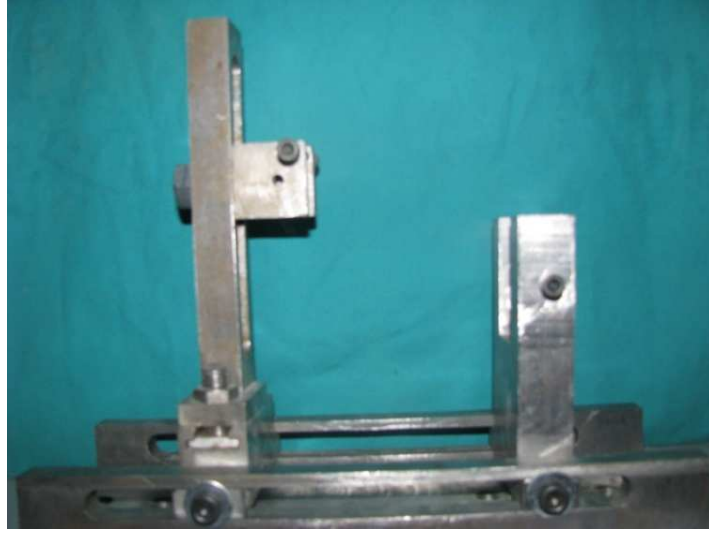
3.3. Biyomekanik Fiksasyon Aygıtı ve Deney Düzenegi

Yapılacak biyomekanik test için kurulan deney düzenegi, modelin fikse edilerek test cihazına bağlanması sağlayacak bir fiksasyon aygıtı, basma testi uygulayabilen bir servohidrolik test cihazı ve bu cihaza bağlı bir bilgisayardan oluşmaktaydı (Şekil 3.11).



Şekil 3.11: Servohidrolik test cihazı

Çalışmamızda kullanılmak üzere özel olarak üretilen biyomekanik fiksasyon aygıtı (Kazım Karabekir Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi/ Erzurum), servohidrolik test cihazına rijit olarak bağlanan bir kaide ve bunun üzerinde boyutsal olarak standart yerleştirmeye imkân sağlayan hareketli iki vertikal parçadan oluşmaktaydı. Bu parçalardan bir tanesi daha uzun olup hemimandibulaların anterior kısmının fiksasyonunda kullanıldı. Bu parça aynı zamanda, sagittal planda hemimandibulayı açılabilir yapmak için vertikal yönde hareket etmekteydi. Diğer parça ise, hemimandibulanın ramus kısmından fiksasyonunu sağlamaktaydı (Şekil 3.12). Her iki vertikal parçada fiksasyon 6.0 mm çaplı künt vidalar yardımıyla yapıldı.



Şekil 3.12: Biyomekanik fiksasyon aygıtı

Düzeneğin bir diğer kısmı, servohidrolik test cihazının kuvvet uygulama koluna sabitlenen ve kuvvetin kondile aktarılmasını sağlayan parçadır. Bu parça silindir şeklinde olup, uç kısmı kemiğe zarar vermemesi için yuvarlatılmıştır.

Deneyde kullanılan servohidrolik test cihazı, (Shimadzu AG-IS 100 kN; Kyoto, Japan) basma, çekme, yukarı ve aşağı olmak üzere iki yönde makaslama, yırtma, kırma, eğme, ezme testleri yapabilme, tüm bu test verilerini bilgisayara aktarabilme, 10000 kg yük kapasitesi ile 0.5 mm/dak – 200 mm/dak hız özelliklerine sahiptir. Oluşan deplasman verilerini kayıt etmek ve grafiğe çevirmek için, servohidrolik test cihazı için özel olarak hazırlanmış bir yazılım programı (Trapezium2 ver2.15) kullanıldı.

3.4. Deney aşaması

Çalışmamızda tüm hemimandibulalar, kondil aksı sagittal planda yer düzlemine paralel olacak şekilde deney düzeneğine sabitlendi (Şekil 3.13). Deneysel kuvvet, kondil başının 1 cm önünden uygulandı. Deney esnasında her bir hemimandibulaya

sistemdeki boşluğun alınması ve standart ölçüm yapılabilmesi için 10 Nt' lik ön yük verildi. Ardından yer değiştirme miktarları kalibre edilerek örneklerle 120 Nt' a kadar doğrusal yük uygulandı.

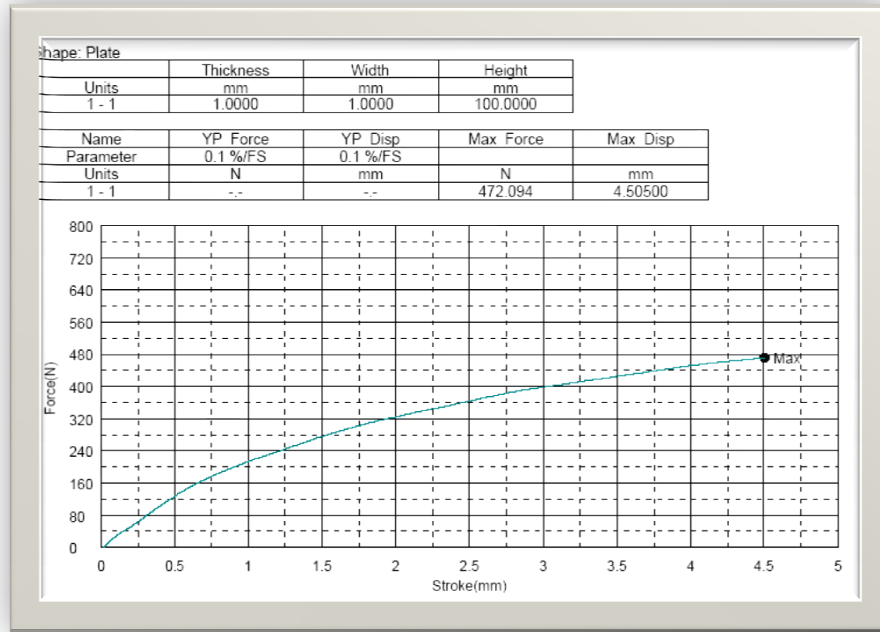
40 Nt, 80 Nt, 100 Nt ve 120 Nt kuvvet değerlerinde oluşan deplasman verileri yazılım programı (Trapezium2 ver2.15) yardımıyla dijital olarak kaydedildi.



Şekil 3.13: Deney düzeneğine sabitlenen hemimandibula

4. BULGULAR

Bu çalışmada mandibula kondil kırıklarında kullanılan 7 farklı miniplak\vida sisteminin, biyomekanik test modelinde dört farklı kuvvet değerinde oluşan deplasman değerleri dijital olarak kaydedilen grafikler üzerinde hesaplandı. (Şekil 4.1)



Şekil 4.1: Özel bir yazılımla dijital olarak elde edilen grafik örneği

x eksen: Yer değiştirme (mm)

y eksen: Kuvvet (Nt)

İstatistiksel olarak değerlendirilecek değişkenler olan 40 Nt, 80 Nt, 100 Nt, 120 Nt'deki yer değiştirme miktarları (mm) Tablo 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7' de gösterilmiştir.

Tablo 4.1: Tek titanyum miniplak uygulanan modellerde 40, 80, 100, 120 Nt kuvvetlerde oluşan deplasman (mm) miktarları.

Tek Titanyum Miniplak	40N	80N	100N	120N
Model 1	0,33	0,54	0,83	1,73
Model 2	0,34	0,61	0,91	1,59
Model 3	0,36	0,71	1,03	1,97
Model 4	0,42	0,69	0,96	1,89
Model 5	0,56	0,79	1,09	2,01

Tablo 4.2: Tek rezorbe miniplak uygulanan modellerde 40, 80, 100, 120 Nt kuvvetlerde oluşan deplasman (mm) miktarları.

Tek Rezorbe Miniplak	40N	80N	100N	120N
Model 1	1,14	2,33	3,17	4,35
Model 2	0,97	1,98	2,99	4,03
Model 3	1,03	2,21	3,04	4,11
Model 4	1,51	2,79	3,81	4,96
Model 5	1,32	2,46	3,34	4,51

Tablo 4.3: Tek titanyum mikropalak uygulanan modellerde 40, 80, 100, 120 Nt kuvvetlerde oluşan deplasman (mm) miktarları.

Tek Titanyum Mikropalak	40N	80N	100N	120N
Model 1	2,43	4,07	5,33	6,71
Model 2	1,64	3,76	4,41	5,88
Model 3	1,91	3,98	4,58	5,97
Model 4	1,61	3,14	4,06	5,24
Model 5	1,89	3,32	4,21	5,46

Tablo 4.4: Tek titanyum ‘Y’ miniplak uygulanan modellerde 40, 80, 100, 120 Nt kuvvetlerde oluşan deplasman (mm) miktarları.

Tek Titanyum ‘Y’ Plak	40N	80N	100N	120N
Model 1	0,31	1,1	1,35	2,27
Model 2	0,42	1,24	1,44	2,29
Model 3	0,37	1,07	1,41	2,19
Model 4	0,52	1,59	1,84	2,56
Model 5	0,39	1,19	1,47	2,3

Tablo 4.5: Tek titanyum kilitli plak uygulanan modellerde 40, 80, 100, 120 Nt kuvvetlerde oluşan deplasman (mm) miktarları

Tek Kilitli Plak	40N	80N	100N	120N
Model 1	0,33	0,42	0,58	0,85
Model 2	0,23	0,35	0,61	0,89
Model 3	0,33	0,44	0,74	0,96
Model 4	0,36	0,49	0,71	0,88
Model 5	0,24	0,42	0,67	1,01

Tablo 4.6: Çift titanyum mikropalak uygulanan modellerde 40, 80, 100, 120 Nt kuvvetlerde oluşan deplasman (mm) miktarları.

Çift Titanyum Mikropalak	40N	80N	100N	120N
Model 1	0,24	0,75	1,09	1,74
Model 2	0,29	0,63	1,05	1,49
Model 3	0,35	0,67	0,87	1,37
Model 4	0,37	0,64	0,92	1,34
Model 5	0,33	0,57	0,84	1,41

Tablo 4.7: Çift titanyum miniplak uygulanan modellerde 40, 80, 100, 120 Nt kuvvetlerde oluşan deplasman (mm) miktarları.

Çift Titanyum Miniplak	40N	80N	100N	120N
Model 1	0,09	0,28	0,38	0,7
Model 2	0,11	0,29	0,43	0,47
Model 3	0,12	0,31	0,44	0,57
Model 4	0,05	0,23	0,39	0,55
Model 5	0,09	0,34	0,47	0,65

Verilerimizde tüm yük grupları altında oluşan deplasman değerlerinin normal dağılım göstermediği görüldü. Bu nedenle tek yönlü varyans analizi yerine Kruskal-Wallis testi uygulandı. Bu teste göre uygulanan dört farklı kuvvet değişkeninde fiksasyon stabilitesi açısından kuvvet grupları birbirinden istatistiksel olarak farklı bulundu. (Tablo 4.8)

Tablo 4.8: Kruskal-Wallis Testi

	40 N	80 N	100 N	120 N
Chi Square	29,799	32,751	32,743	33,158
d	6	6	6	6
Asymp. sig	,000	,000	,000	,000

İstatistiksel olarak karşılaştırılacak olan modellerin 40 Nt, 80 Nt, 100 Nt ve 120 Nt yüklerde oluşan yer değiştirme miktarları (mm), değişkenleri için tanımlayıcı istatistiksel değerler (ortalamaları, standart sapmaları, ortanca, minimum ve maksimum değerleri) hesaplanmış ve Tablo 4.9’ da gösterilmiştir.

Tablo 4.9: Değişkenler için tanımlayıcı istatistiksel değerler

Gruplar	Değişken	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Ortanca	Minimum	Maksimum
Grup A	40 Nt	5	,4020	,09497	,36	,33	,56
Grup B		5	1,1940	,22120	1,14	,97	1,51
Grup C		5	1,8960	,32891	1,89	1,61	2,43
Grup D		5	,4020	,07727	0,39	,31	,52
Grup E		5	,2980	,05891	0,33	,23	,36
Grup F		5	,3160	,05177	0,33	,24	,37
Grup G		5	,0920	,02683	,09	,05	,12
Grup A	80 Nt	5	,6680	,09602	0,69	,54	,79
Grup B		5	2,3540	,30105	2,33	1,98	2,79
Grup C		5	3,6540	,40814	3,76	3,14	4,07
Grup D		5	1,2380	,20825	1,19	1,07	1,59
Grup E		5	,4240	,05030	,42	,35	,49
Grup F		5	,6520	,06573	,64	,57	,75
Grup G		5	,2900	,04062	,29	,23	,34
Grup A	100 Nt	5	,9640	,10139	,96	,83	1,09
Grup B		5	3,2700	,33083	3,17	2,99	3,81
Grup C		5	4,5180	,49484	4,41	4,06	5,33
Grup D		5	1,5020	,19409	1,44	1,35	1,84
Grup E		5	,6620	,06686	,67	,58	,74
Grup F		5	,9540	,11059	,92	,84	1,09
Grup G		5	,4220	,03701	,43	,38	,47
Grup A	120 Nt	5	1,8380	,17527	1,89	1,59	2,01
Grup B		5	4,3920	,37043	4,35	4,03	4,96
Grup C		5	5,8520	,56548	5,88	5,24	6,71
Grup D		5	2,3220	,13989	2,29	2,19	2,56
Grup E		5	,9180	,06535	,89	,85	1,01
Grup F		5	1,4700	,16109	1,41	1,34	1,74
Grup G		5	,5880	,08955	,57	,47	,70

Elde edilen verilerin çoklu değer karşılaştırılması için kullanılan Tamhane's T2 testine göre tüm gruplar içerisinde en fazla yer değiştirme tek mikro plak grubunda olurken, en az yer değiştirmenin ise çift titanyum miniplak grubunda olduğu görülmüştür.

Çalışmamızdan elde edilen verilerde çift mikro plak ile tek titanyum miniplak grupları arasında 40 Nt, 80 Nt, 100 Nt, 120 Nt kuvvet değerlerinde istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Ayrıca 40 Nt kuvvet değerinde tek titanyum, Y plak, çift mikro ve kilitli miniplak grupları arasında istatistiksel fark bulunmamıştır.

Tek titanyum mikro plak grubu ile rezorbe olabilen miniplak grubu arasında 40 Nt kuvvet değerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bunun dışında tek mikro plak grubu 80 Nt, 100 Nt, 120 Nt kuvvet değerlerinde diğer tüm gruplarla istatistiksel olarak farklı bulunmuştur.

Tek rezorbe olabilen miniplak grubu 80 Nt, 100 Nt, 120 Nt kuvvet değerlerinde diğer tüm gruplarla istatistiksel olarak farklı bulunmuştur.

Çift miniplak grubu ise tüm kuvvet değerlerinde diğer tüm gruplarla istatistiksel olarak farklı bulunmuştur.

40 Nt, 80 Nt, 100 Nt ve 120 Nt'lik yüklerdeki grupların birbirleri arasındaki p değerleri Tablo 4.10' da verilmiştir.

Tablo 4.10: Tamhane's T2 testi ile elde edilen p değerleri ($p < 0.05$)

Gruplar	Gruplar	40 N	80 N	100N	120N
Tek titanyum miniplak	Tek rezorbe miniplak	,011	,002	,001	,000
	Tek titanyum mikro plak	,006	,001	,001	,001
	Tek "Y" miniplak	1,000	,037	,031	,031
	Tek kilitli plak	,818	,048	,018	,002
	Çift mikro plak	,938	1,000	1,000	,168
	Çift titanyum miniplak	,025	,007	,002	,000
Tek rezorbe miniplak	Tek titanyum miniplak	,011	,002	,001	,000
	Tek titanyum mikro plak	,108	,012	,046	,041
	Tek "Y" miniplak	,014	,005	,001	,001
	Tek kilitli plak	,011	,002	,001	,000
	Çift mikro plak	,013	,003	,001	,000
	Çift titanyum miniplak	,007	,002	,001	,000
Tek titanyum mikro plak	Tek titanyum miniplak	,006	,001	,001	,001
	Tek rezorbe miniplak	,108	,012	,046	,041
	Tek "Y" miniplak	,007	,001	,001	,002
	Tek kilitli plak	,007	,001	,001	,001
	Çift mikro plak	,007	,001	,001	,001
	Çift titanyum miniplak	,005	,001	,001	,000
Tek "Y" miniplak	Tek titanyum miniplak	1,000	,037	,031	,031
	Tek rezorbe miniplak	,014	,005	,001	,001
	Tek titanyum mikro plak	,007	,001	,001	,002
	Tek kilitli plak	,626	,013	,006	,000
	Çift mikro plak	,816	,044	,026	,000
	Çift titanyum miniplak	,008	,008	,004	,000
Tek kilitli plak	Tek titanyum miniplak	,818	,048	,018	,002
	Tek rezorbe miniplak	,011	,002	,001	,000
	Tek titanyum mikro plak	,007	,001	,001	,001
	Tek "Y" miniplak	,626	,013	,006	,000
	Çift mikro plak	1,000	,007	,037	,014
	Çift titanyum miniplak	,011	,039	,007	,005
Çift mikro plak	Tek titanyum miniplak	,938	1,000	1,000	,168
	Tek rezorbe miniplak	,013	,003	,001	,000
	Tek titanyum mikro plak	,007	,001	,001	,001
	Tek "Y" miniplak	,816	,044	,026	,000
	Tek kilitli plak	1,000	,007	,037	,014
	Çift titanyum miniplak	,003	,000	,004	,001
Çift titanyum miniplak	Tek titanyum miniplak	,025	,007	,002	,000
	Tek rezorbe miniplak	,007	,002	,001	,000
	Tek titanyum mikro plak	,005	,001	,001	,000
	Tek "Y" miniplak	,008	,008	,004	,000
	Tek kilitli plak	,011	,039	,007	,005
	Çift mikro plak	,003	,000	,004	,001

5. TARTIŞMA

Kondil kırıkları mandibula ve maksillofasiyal sahada en sık karşılaşılan kırık tiplerinden biridir.^{1,2,140} Kondil kırıklarının rijit internal fiksasyonla tedavisi, miniplak/vida sistemlerindeki gelişmeler ve biyomekanik prensiplerin anlaşılmasıyla birlikte daha popüler olmuştur.^{106,112} Bununla birlikte kondil kırıklarının tedavisinde ideal osteosentez tipi hakkında halen bir görüş birliğine varılamamıştır.¹⁵ Dolayısıyla, kondil kırıklarının tedavisinde en iyi stabilizasyon sağlayan fiksasyon sisteminin bulunması amacıyla biyomekanik in vitro çalışmalara gerek duyulmaktadır. Kondiler sahada bu konuyla ilgili sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır.^{1,2,11,13-15,106,109,112} Bu deneysel çalışma bu açığı kapatmaya yönelik olarak gerçekleştirilmiştir.

İdeal bir in vitro test çalışmasında insan mandibulasına yapısal ve morfolojik olarak en yakın olan test modeli seçilmelidir.¹⁴¹ Mandibula kondil kırıklarının fiksasyonunda kullanılan farklı miniplak/vida sistemlerinin biyomekanik karakteristiklerinin karşılaştırıldığı in vitro çalışmalarda; formalinle fikse edilmiş kadavra mandibulası,¹⁴ domuz hemimandibulası,^{11,112,142} koyun hemimandibulası,¹³ ve sentetik poliüretan hemimandibulalar^{1,2,15,106,109} fiziksel biyomodel olarak kullanılmıştır. Kondil kırıkları dışındaki diğer kırık tiplerinde yapılan in vitro çalışmalarda ise hayvansal kaynaklı kaburga¹⁴³ ve kızıl meşe ağacı gibi¹⁴⁴ farklı test modelleri ile çalışıldığı görülmektedir.

Kadavra mandibulası biyomekanik olarak en uygun test modeli olmasına karşın; sınırlı elde edilmesinden dolayı pahalı olması, formalinle fiksasyonun sonuçları etkileyebilen fiziksel özellikleri değiştirmesi, koruyucu tedbirler alınmasına rağmen biyolojik tehlikeleri bulunması gibi dezavantajlarından dolayı çok tercih

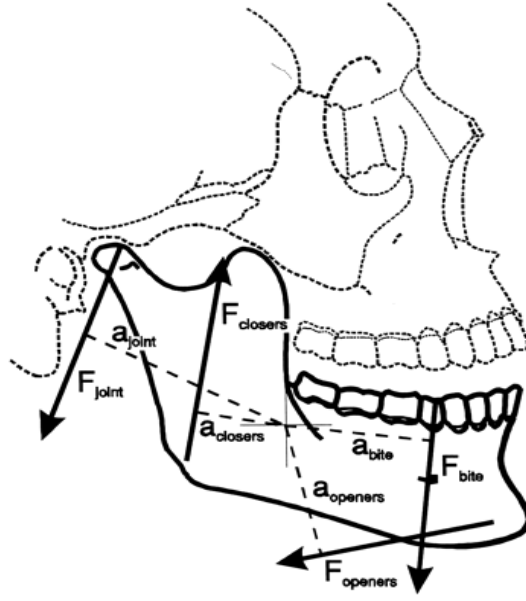
edilmemektedir.^{106,135} Buna karşın şekli, büyüklüğü ve yoğunluğunun standardize edilebilmesi nedeniyle ideal çalışma modeli olarak sentetik poliüretan hemimandibulaların kullanılması tavsiye edilmiştir.^{1,2} Bredbenner ve Haug¹⁴¹ farklı test modellerinde vidaların çıkarılma torklarını karşılaştırmış ve sentetik mandibula biyomodellerinin standartizasyon sağlaması ve düşük maliyetli olması açısından avantajlı olduğunu rapor etmişlerdir. Ancak sentetik hemimandibulalar her ne kadar standartizasyon sağlasalar da, kemiğin doğal trabeküler yapısını yansıtmadığı için hayvansal modellere göre dezavantaj oluşturmaktadır.

Hayvan kaynaklı hemimandibulalar üzerinde yapılan in vitro test çalışmalarının birçoğunda koyun çenesinin kullanıldığı görülmektedir.^{13,145-147} Bosanquet ve Goss¹⁴⁸ koyun TME'sinin büyüklük ve anatomik yapı olarak insana oldukça benzerlik gösterdiğini, bu nedenle eklem sahasını ilgilendiren çalışmalarda uygun bir deneysel model olduğunu bildirmişlerdir. Bahsedilen avantajlarının yanı sıra kolay temin edilebilmesi, formalinle fiksasyona gerek duyulmaması ve ekonomik olması sebebiyle çalışmamızda koyun hemimandibulası tercih edilmiştir. Koyun hemimandibulasının insan mandibulasından farklı olarak koronoid çıkıntılarının uzun olması, hemimandibulaların test düzeneğine adaptasyonunu olanaksız kılmaktadır. Bu nedenle tüm hemimandibulalardaki koronoid çıkıntılar, sagittal düzlemde sigmoid çentiğin 1cm altından mandibula alt kenarına paralel olacak şekilde kesilerek hemimandibulaların test düzeneğine kolay yerleştirilebilmesi sağlanmış oldu.

Çene hareketleri, çiğneme kasları tarafından kontrol edilmektedir. Bununla birlikte ligamentler ve eklem yüzeyleri gibi pasif yapıların da etkisi bulunmaktadır.¹³⁶ Mandibula, çiğneme kasları tarafından meydana gelen bu kuvvetlerin haricinde TME ve dişler tarafından oluşturulan reaksiyon kuvvetlerine de maruz kalmaktadır.¹⁰ Ekleme

gelen kuvvetlerin klinik olarak belirlenmesi, TME' nin ve nöromusküler sistemin karmaşık yapısından dolayı son derece güç olmaktadır.¹⁴⁹ Bu sebeple TME' nin maruz kaldığı kuvvetlerin belirlenmesi analitik çalışmalarla sınırlı kalmıştır.^{136,138,149} Koolstra ve Van Eijden¹³⁶ ağız açma esnasında çeneyi açan kas kuvvetlerinin, açılma esnasında maksimum olduğunu ve hareketin sonuna doğru bu kuvvetin dereceli olarak azaldığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte çiğneme kaslarının hareketi esnasında mandibulayı etkileyen pozitif tork kuvveti meydana gelmektedir. Ortaya çıkan tork kuvveti neticesi mandibular kondil artiküler eminense karşı baskı kuvveti oluşturur. Bu kuvvetler sonucu mandibular kondil, anteriosüperior-posterioinferior yönde tepki kuvvetlerine maruz kalmaktadır¹³⁶ (Şekil 5.1).

Ziccardi ve ark.¹⁰⁹ 1997 yılında mandibular kondil kırıklarında farklı fiksasyon tekniklerinin stabilitelerini karşılaştırdıkları çalışmalarında bahsedilen matematiksel analizlere dayalı olarak çiğneme esnasında kondile gelen kuvvet vektörlerini taklit eden bir test sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistemde, mandibula simfiz sahasından sabitlenirken, eyer şekilli metal bir rod -eklem reaksiyon kuvvet vektörünü taklit eder şekilde- posterioinferior yönde kondile kuvvet uygulamaktadır. Aynı zamanda ekleme gelen çiğneme kuvvetlerini doğru bir şekilde taklit etmek amacıyla, mandibula sagittal planda 15° inferiore ve koronal planda 10° laterale eğimlendirilmiştir. Mandibula kondil kırıklarıyla ilgili biyomekanik çalışmaların büyük bir kısmında Ziccardi ve ark.¹⁰⁹ ın uyguladıkları metodun kullanıldığı görülmektedir.^{14,15,142}



Şekil 5.1: Alt çenede sagittal planda oluşan kuvvetler (F_{Joint} :Eklem kuvveti)

Çalışmamızda kullandığımız biyomekanik deney düzeneği, Ziccardi ve ark.¹⁰⁹ 'nın uyguladıkları metot rehber alınarak oluşturulmuştur. Çiğneme esnasında kondile direk medial ya da lateral yönde kuvvet gelmemesi, koronal planda gelen kuvvet vektörünün bileşkesini deney düzeneğine aktarmanın imkânsız olması gibi nedenlerden dolayı çalışmamızda tek yönlü kuvvet uygulamayı uygun gördük. Bununla birlikte, çalışmamızda hemimandibulalar koronal planda eğimlendirilerek, kondile gelen torsiyonel (burkulma) kuvvetler kısmen de olsa göz önünde bulundurulmuştur.

Mandibula kondil kırıklarında çeşitli fiksasyon tekniklerinin stabilitelerinin değerlendirildiği in vitro biyomekanik çalışmaların bir çoğunda miniplak/vida sistemleri kırılıncaya kadar kuvvet uygulanmış, kalıcı deformasyon başladığı anda meydana gelen yük/deplasman grafikleri değerlendirilmiştir.^{1,106,112} Bu çalışmalarda miniplak/vida sisteminin kalıcı olarak deforme olmaya başladığı yük miktarı 'Yield load ya da Peak load', bu değerdeki deplasman miktarı 'Yield displacement ya da Peak displacement',

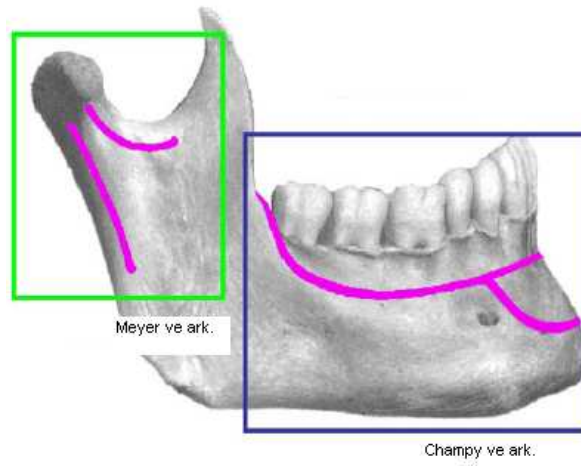
deplasmanın bir milimetresinde yüke gösterilen direnç ‘stiffness’ ve sistemde ulaşılabilen en yüksek kuvvet değeri ise ‘Maksimum load’ olarak ifade edilmiştir.^{2,11,106,112} Farklı olarak Alkan ve ark.¹³ kondil kırıklarının fiksasyonunda mini adaptasyon, mini kompresyon ve rezorbe olabilen miniplak/vida sistemlerinin stabilitelerini karşılaştırmış, 1.75 mm ve 3.50 mm deplasman değerlerini baz alarak, bu değerlerdeki ulaşılan kuvvet miktarını değerlendirmişlerdir. Çiğneme kuvvetlerinin kısmen kondiler sahaya taşınması nedeniyle bu bölgenin aşırı kuvvete maruz kalmadığı¹³⁷ ve kondil kırığı bulunan bireylerde çiğneme kuvvetlerinin sağlıklı bireylere kıyasla daha az olduğu rapor edilmiştir.¹³⁹ Bu sebeple plakta kırılmaya neden olan ve gerçekte ulaşılması mümkün olmayan maksimum yük/maksimum deplasman gibi tanımlanan uç parametreler çalışmamıza dahil edilmemiştir.

Çiğneme esnasında kondiler yapıya gelen kuvvetlerin maksimum değerleri henüz tam olarak belirlenememiştir.¹¹ Throckmorton ve Dechow¹⁵⁰ farklı yön ve büyüklükteki deneysel kuvvetlerin mandibular kondilde meydana getirdiği yük ve gerilim miktarlarını değerlendirmişlerdir. Yazarlar çalışmalarının sonucu olarak kondilin 0-210 N kuvvetlere maruz kaldığını bildirmişlerdir. Dos Santos ve Rijk¹³⁷ TME’ye taşınan kuvvetlerin vektörel analizini yapmışlar ve çiğneme kuvvetlerinin % 31’inin eklem transfer edildiğini rapor etmişlerdir. Benzer bir çalışmada Koolstra ve Van Eijden¹³⁶ eklem reaksiyon kuvvetlerinin aynı tarafta molar sahadaki ısırma kuvvetlerinin % 65’ine ulaşabildiğini bildirmişlerdir. Bu veriler, deneysel ortamda sağlam mandibulalar için yapılmış olan değerlendirmelerin sonuçlarıdır. Kırık ya da repoze edilmiş mandibular kondiler yapının daha farklı sonuçlar ortaya koyması muhtemeldir. Bununla birlikte kondil kırığı bulunan hastalarda eklem reaksiyon kuvvetlerine ait bir kayıt bulunmamaktadır.¹⁵ Talwar ve ark.¹³⁹ çift taraflı kondil kırığı

bulunan hastalarda operasyondan 6 hafta sonra sağ ve sol molar sahada maksimum ısırma kuvvetlerini sırasıyla 161.7 N ve 169.5 N olarak rapor ederken sağlıklı bireylerden oluşan kontrol grubunda bu değerleri 430.2 N ve 440.2 N olarak rapor etmişlerdir. Talwar ve ark.¹³⁹ yaptığı çalışmanın sonuçlarına dayanarak kondil kırığı bulunan bir bireyde ortalama çiğneme kuvvetinin 170 N olduğu varsayılırsa ve Dos Santos ve Rijk¹³⁷ 'e göre bu kuvvetin % 31'inin kondile yansıdığı göz önünde bulundurulduğu zaman kondil kırığı bulunan bireylerde eklem reaksiyon kuvvetinin ortalama 50- 60 N olması beklenir. Tüm bunlar göz önünde bulundurularak çalışmamızda kısmen de olsa gerçek kuvvetleri yansıtması sebebiyle 40 N- 120 N aralığındaki kuvvet değerleri baz alınmıştır. Deneyler esnasında tek mikro plak ve rezorbe olabilen PLLA/PGA gibi zayıf sistemlerin yüksek miktardaki kuvvetlere cevap verememesi 40–120 N gibi düşük seviyeli değer aralığına bakmamızın bir diğer sebebidir.

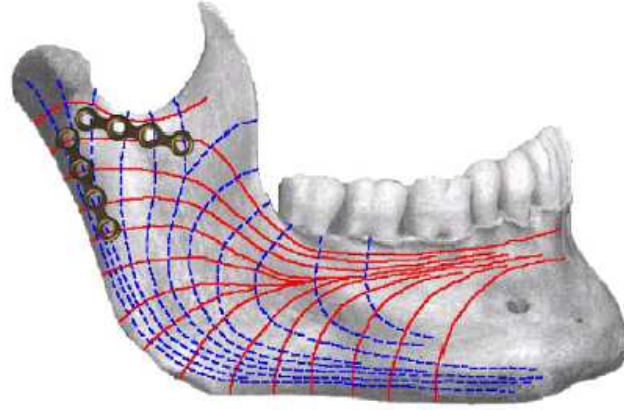
Mandibula gerilim/sıkışma, makaslama, burkulma ve eğilme olmak üzere dört tip yüklenmeye maruz kalabilir. Bunların ilk ikisi linear, diğer ikisi açısallardır.¹⁰ Mandibulada, maruz kalınan kuvvetler neticesinde ve sahanın şekil ve yapısal özelliklerine bağlı olarak gerilim ve sıkışma alanları oluşmaktadır.¹⁰ Bu konsept kırıkların internal fiksasyonunda büyük önem arz etmektedir. Bununla birlikte kondil kırıklarının tek plak ile osteosentezinde, kondiler sahada meydana gelen bu mekanik zorlanma alanlarının önemi göz ardı edilmiştir.¹⁵¹ 'Dinamik osteosentez' ya da 'fonksiyonel stabil osteosentez' olarak adlandırılan miniplak osteosentezinin temel prensiplerinden birisi; plakların fonksiyon esnasında ortaya çıkan fizyolojik gerilim alanları boyunca yerleştirilmesi gerekliliğidir.⁸ Champy ve ark.⁸'nın angulus kırıkları için ortaya koydukları ve günümüzde de halen geçerliliğini korumakta olan ideal

osteosentez hattını, kondiler saha için ilk olarak Meyer ve ark.¹⁵¹ belirlemişlerdir (Şekil 5.2). Araştırmacılar kadavra mandibulası kullanarak, çiğneme esnasında kondil bölgesinde meydana gelen deformasyonu incelemişlerdir. Bu çalışmada sigmoid çentiğin alt kısmında ve ramusun anterior sınırı boyunca gerilme alanları, ramusun posterior sınırı boyunca da sıkışma alanları meydana geldiğini; dolayısıyla miniplakların bu bölgelere konulduğu zaman daha stabil osteosentez sağlanacağını bildirmişlerdir¹⁵¹ (Şekil 5.3).



Şekil 5.2: Meyer ve ark. ve Champy ve ark.'ın belirledikleri osteosentez hatları

Tek miniplak ile kondil kırıklarının tedavisinde geleneksel olarak, plak kondil aksına paralel bir şekilde ve vertikal olarak yerleştirilmektedir.^{4,74,89} Ellis ve Dean⁸⁹ kondil kırıklarının rijit fiksasyonu ile ilgili yapmış oldukları çalışmalarında, tek miniplak yerleştirilirken kemiğin kalın olması ve vidalar için daha iyi destek sağlamasından dolayı plağın mandibulanın posterior sınırına yakın ve bu sınıra paralel yerleştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Bu fikri destekleyen çalışmalar oldukça fazladır.^{4,5,74,89,106}



Şekil 5.3: Kondiler sahada meydana gelen zorlanma alanları

-Kırmızı çizgiler: Gerilim alanları

-Mavi çizgiler: Sıkışma alanları

Buna karşın Meyer ve ark.¹⁰⁷ 2006 yılında yaptıkları deneysel çalışmada, kondil kırıklarının tedavisinde geleneksel tek plak uygulamasının fonksiyonel stabil osteosentez prensiplerine tamamen ters düştüğünü; bu prensipler doğrultusunda plakların kompresyon alanlarına değil gerilim alanlarına konması gerektiğini bildirmişlerdir. Dolayısıyla, tek plak tercih edildiğinde ideal yerleşimin, gerilim alanlarına gelecek şekilde sigmoid çentiğe paralel olarak konulması gerektiğini öne sürmüşlerdir. Buna karşın bu bölgede kemiğin çok ince olmasından dolayı vidaların yeterli tutuculuk sağlayamaması, daha da önemlisi tek plağın bu sahaya konması sonucu kondiler fragmanda rotasyon meydana gelme ihtimali olduğunu da bildirmişlerdir.¹⁰⁷ Aynı zamanda Meyer ve ark.¹⁰⁷ 'nın öne sürdüğü şekilde tek plak yerleştirmeye ilgili literatürde herhangi bir klinik çalışmanın olmayışı dikkat çekici bir diğer noktadır. Biz de çalışmamızda plak yerleşimini tek plak gruplarında, sıkça başvurulmuş geleneksel

yönteme uygun olarak ramusun posterior sınırına vertikal pozisyonda, çift plak gruplarında ise dinamik osteosentez prensiplerini göz önünde bulundurarak, bir plağı kondil aksına paralel olacak şekilde vertikal olarak yerleştirirken, diğer plağı oblik olarak sigmoid çentiğın altına ve her iki plak arasında yaklaşık 45° açı olacak şekilde yerleştirdik.

İlk olarak 1980 yılında Pape ve ark.⁹ tarafından mandibular kondil kırıklarının internal fiksasyonunda miniplak/vida sistemlerinin kullanılmasının ardından teknik alanda ilerlemelerle birlikte farklı materyallerden oluşan düz miniplak, mini kompresyon plağı, kilitli plak, mikro plak, rezorbe olabilen mini plak/vida sistemleri gibi birçok osteosentez metodu klinikte kullanılmaya başlanmıştır.^{12,140} Bu sistemlerin kullanılmaya başlanması ile vida gevşemeleri, plak/vida kırılmaları gibi sebeplerle kırık fragmanlarının kayması ve kırık sahasındaki kemikte rezorbsiyon gibi komplikasyonlar da görülmeye başlanmıştır.^{12,108,128,134,140} Yetersiz stabilizasyona bağlı olarak meydana gelen komplikasyonların önüne geçebilmek ve eklemin erken rehabilitasyonunu sağlamak için -özellikle erken iyileşme dönemi olan 6-8 haftalık sürede- fiksasyon sisteminin yüklenme kapasitesinin, kondiler sahaya gelen kuvvetlerden fazla olması gerektiği bildirilmiştir.^{11,15,108} Çünkü fonksiyonel olarak stabil bir fiksasyon, kırık parçaları arasında hareketlenmeye izin vermez ve böylece iyileşme süreci gecikmeden tamamlanır.¹⁵²

Kondil kırıklarının internal fiksasyonunda tek plak uygulanması, her ne kadar tercih edilen bir metot olarak literatürde rapor edilse de^{4,74,89,128,153} bu metodu destekleyen az sayıda biyomekanik çalışma mevcuttur.^{5,106} Birçok yazar bu tekniğın kullanımı sonucu plak kırılması, vida gevşemesi, stabilizasyon bozukluğu gibi klinik başarısızlıklar rapor etmişlerdir.^{108,109,154-157}

Choi ve ark.¹⁴ tek miniplak, mini dinamik kompresyon plağı ve çift miniplak sistemlerini kullanarak kadavra mandibulasında yaptıkları in vitro çalışmalarında, çift plak grubunun daha iyi stabilizasyon sağladığını rapor etmişlerdir. Choi ve ark.¹² 2001 yılında yaptıkları klinik çalışmalarında da aynı plak gruplarını kullanarak tedavi ettikleri 37 hastanın klinik sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Plak kırılması ya da vida gevşemesi gibi stabilizasyonla ilgili komplikasyonları tek plak gruplarında rapor etmelerine karşın, çift miniplakla internal fiksasyon gerçekleştirilen hastalarda yetersiz stabilizasyona bağlı bahsedilen komplikasyonlara rastlanmadığını bildirmişler ve çift miniplak kullanmanın daha rijit stabilizasyon sağladığını rapor etmişlerdir. Kondil kırıklarının tedavisinde çift plak kullanmayı tavsiye eden bir diğer yazar ise Rallis ve ark.¹⁵⁸’dır. Yazarlar 45 hastayı kapsayan serilerinde 2.0 mm’lik tek ya da çift miniplak ve tek mini kompresyon plağının stabilizasyonlarını karşılaştırmışlardır. Çalışmalarının sonucunda çift miniplak kullanmanın daha iyi mekanik stabilizasyon sağladığını ve komplikasyon oranının daha az olduğunu rapor etmişlerdir. Hammer ve ark.¹⁰⁸ yaptıkları klinik bir çalışmada kondil boynu kırıklarında farklı miniplak uygulamalarının sonuçlarını karşılaştırmışlar, tek miniplakla tedavi edilen hastaların üçte birinden fazlasında (%35) plak kırılması ve vida gevşemesi görmelerine karşın çift miniplak grubunda böyle bir sorunla karşılaşmadıklarını bildirmişlerdir.

Kondil kırıklarında yapılan tüm bu klinik^{12,108,158} ve laboratuvar^{11,14,15,112} çalışmaların sonuçlarına göre, çift plak uygulamanın daha iyi stabilizasyon sağladığı aşıkardır. Çalışmamızda da elde ettiğimiz verilerde 120 N deneysel kuvvette tek miniplak ve tek mikro plak grubunda sırasıyla ortalama 1.83 mm ve 5.85 mm deplasman elde edilmesine karşın, bu plakların çift olarak uygulandığında sırasıyla 0.58 mm ve 1.47 mm gibi oldukça düşük değerler elde edildiği görülmektedir. Bununla

birlikte çalışmamızda çift miniplak grubunun belirgin bir şekilde diğer gruplardan daha stabil olması ve 1.0 mm gibi düşük profile sahip olan mikro plakların tek uygulandığı takdirde oldukça zayıf fiksasyon sağlamasına karşın çift uygulandığında, 2.0 mm rezorbe olabilen miniplaklardan daha iyi sonuçlar vermesi ve tek titanyum grubuyla istatistiksel bir fark bulunmaması yapılan çalışmaları destekler niteliktedir.

Çift miniplakla yapılan osteosentezin belirgin bir şekilde daha iyi stabilizasyon sağlamasının nedeni mandibular kondil boynuna gelen fonksiyonel streslerin iki plak aracılığıyla daha iyi nötralize edilebilmesidir.² Kondil kırıklarının tedavisinde çift plak tekniğinin daha iyi stabilizasyon sağladığı bilinmesine karşın, tek plak kullanımıyla karşılaştırıldığında bu metodun fazla plak kullanılmasına bağlı olarak ilave tedavi masrafı olması ve operasyon süresinin uzaması gibi dezavantajları da bulunmaktadır.^{140,158} Bunun yanı sıra kondil sahası çok dar bir alan olduğu için, çift plak tekniği -düşük seviyeli kondil boynu kırıklarında olduğu gibi- kırığın her iki tarafında yeterli kemik dokusu bulunduğu zaman uygulanabilmektedir.¹¹⁰ 2006 yılında yayınlanan vaka raporunda Shinohara ve Martini¹⁵⁹ kondil boynu kırıklarında çift plak uygulamanın imkansız olduğu vakalarda ya da bazı sistemlerin maliyetinin yüksek olmasından dolayı kullanılmadığı durumlarda yeterli stabilizasyonu sağlamak için alternatif bir yöntem olarak 2.0 mm'lik iki miniplağı üst üste uygulamışlar ve plak eğilmesi ya da kırılmasıyla karşılaşmadıklarını, minimal maliyetle stabilizasyonu arttırdıklarını öne sürmüşlerdir. Gealh ve ark.² 2009 yılında bahsedilen tekniğin biyomekanik stabilizasyonunu değerlendirmek için laboratuvar çalışması yapmışlardır. Üst üste gelecek şekilde 2.0 mm'lik iki plak ile tek 2.0 mm'lik mini plağın stabilitelerini karşılaştırdıkları çalışmalarında üst üste konulan miniplak sisteminin tek plağa göre daha fazla stabilizasyon sağladığını, bununla birlikte en stabil sonuçların geleneksel çift

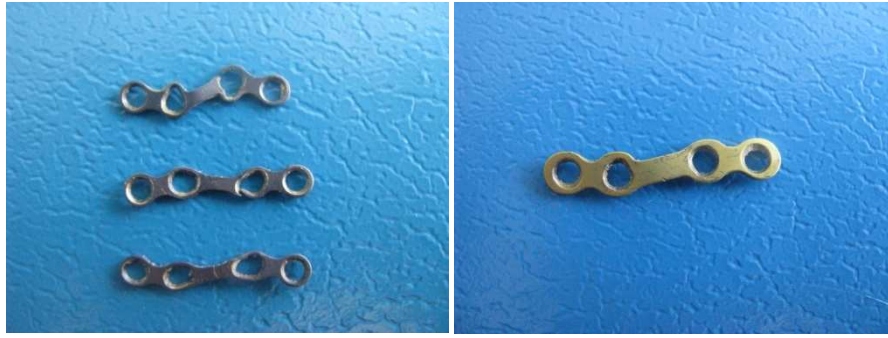
plak uygulaması ile elde edildiğini rapor etmişlerdir. Oysa bu sistemde plakların kalınlığının 4.0 mm gibi kondiler saha için oldukça fazla bir boyuta ulaşması ve iki miniplakla tedavinin minimal maliyet sağladığı da tartışılabilir bir konudur. Çalışmamızda kalınlığı 2.4 mm olan kilitli plak grubu, mikro plaklar hariç diğer gruplarla aynı çapta ve uzunlukta vida kullanılmasına rağmen 80, 100, 120 N' de sırasıyla 0.42, 0.66, 0.91 mm gibi düşük deplasman değerleri ile tek plak grupları içerisinde en stabil sonuçları vermiştir. Dolayısıyla mandibula kondil kırıklarının rijit fiksasyonunda plakların yerleştirilme yeri ve sayısının yanı sıra kalınlıkları da rijiditeyi etkileyen önemli unsurlardandır.

Özellikle kondil boynuna yerleştirilen miniplaklar, sürekli burkulma kuvvetlerine maruz kalması sonucu deformasyona uğramaktadır ve osteosentez materyalinde yorgunluk sonucu plağın zayıf bölgelerinden kırılmalar meydana gelmektedir.² Miniplak/vida sistemleriyle tedavi edilen kondil kırığı vakalarının %20-25'inde vida gevşemesi, stabilizasyonu bozan plak eğilmeleri ve daha da önemlisi plak kırılmaları ile karşılaşıldığı rapor edilmiştir.^{5,12,108} Bu yüzden, erken fonksiyonel rehabilitasyonun sağlanması için ekleme gelen fonksiyonel kuvvetler miniplak/vida sisteminin yüklenme kapasitesini geçmemelidir.¹¹ Ellis ve Dean⁸⁹ kondil kırıklarının internal fiksasyonunda, 2.0 mm'lik miniplak kullanımının fonksiyonel kuvvetlere karşı yeterli dayanıklılıkta olduğunu ve derhal fonksiyona geçilmesine olanak sağladığını öne sürmüşlerdir. Biz de çalışmamızda 2.4 mm gibi kalın profile sahip kilitli plak grubunda oldukça stabil sonuçlar elde etmemize rağmen, bu gibi kalın profile sahip plakların kondil sahası gibi plak yerleştirmenin güç olduğu alanlarda kullanımının sınırlı olduğu kanaatindeyiz.

Mikro plaklar fonksiyonel stabilite sağlamamasına rağmen, 1.0 mm kalınlığa sahip olmasından dolayı minimum seviyede palpe edilmektedir. Mikro plakların sahip olduğu bu düşük profil sayesinde özellikle kondil kırığı bulunan çocuklarda çok büyük bir avantaj sunmaktadır.⁵⁹ Buna karşın Undt ve ark.⁴ 55 vakayı kapsayan ve sadece dört vakada plak kırılması rapor ettikleri klinik çalışmalarında, bu vakalarda kullanılan plak kalınlıklarının 0.9 mm olduğunun altını çizmiş ve 1.0 mm ya da daha kalın çapa sahip sistemlerde plak kırılmaları ve eğilmeleri ile karşılaşmadıklarını bildirmişlerdir. Undt ve ark.⁴'nın sonuçlarının aksine çalışmamızda kullanmış olduğumuz 1.0 mm profile sahip mikro plak grupları oldukça düşük stabilizasyon değerine sahip oldukları gözlenmiştir. Bununla birlikte kondil kırıklarında yapılan in vitro çalışmalarda 1.0 mm profile sahip plakların stabilitelerini değerlendiren yalnızca bir çalışma bulunmaktadır.¹⁵ Çalışmamız aynı zamanda literatürdeki bu açığı kapatmaya yöneliktir. Çalışmamızda özellikle tek mikro plak grubunda yaklaşık 180 N gibi düşük değerlerde kırılmalar gözlenmiştir. Bu sebeple palpe edilebilirliği az olmasına karşın yeterli rijidite sağlamayan bu plakların kondil kırıklarının tedavisinde kullanımının riskli olduğunu düşünmekteyiz. Çift mikro plak grubunun tek titanyum grubuyla arasında istatistiksel bir fark olmaması ve rezorbe olabilen plak grubundan da daha iyi stabilizasyon sağlamalarının sebebi, fazla sayıda vida kullanılması ve gerilim alanına zayıfta olsa bir plak daha yerleştirilmesiyle açıklanabilir. Ancak çift plak kullanımı, hem maliyeti yükseltmesi hem de postoperatif komplikasyon riskini artırması ve operasyon süresini uzatması gibi dezavantajlara sahiptir. Bu sebeple kondil kırıklarının fiksasyonunda çift mikro plak uygulamasının tek miniplak uygulamasına alternatif olabileceği fikri tartışmalıdır.

Sonlu elemanlar analizi kullanılarak yapılan çalışmalar, mini plakların özellikle kırık sahasına yakın deliklerinde gerilim alanları oluştuğunu göstermiştir.^{5,140}

Çalışmamızda plak kırılmaları sadece tek mikro ve eriyebilen plaklarda görüldü. Plakların özellikle ‘S’ harfini andırır şekilde eğilmeleri ve kırık hattına yakın deliklerde kırılmalar gözlenmesi, yapılan sonlu elemanlar analizi çalışmalarının sonuçlarını destekler niteliktedir (Şekil 5.4). Buna göre miniplakların özellikle merkeze yakın olan deliklerinin güçlendirilmesi osteosentezin başarısını artıracak bir unsur olarak düşünülebilir.



Şekil 5.4: Plaklarda görülen ‘S’ şeklinde eğilmeler ve kırık hattına yakın deliklerde kırılmalar

Düşük profil kalınlığına sahip plakların yetersiz stabilizasyon sergilemesi ve çift plak uygulamasının bahsedilen dezavantajları, araştırmacıları özel plaklar dizayn etmeye sevk etmiştir. Seeman ve ark.¹⁴⁰ kondil sahası için yapılmış olan sonlu elemanlar analizi çalışmasının⁵ sonuçlarına dayanarak kondiler sahada kullanılmak üzere özel bir plak geliştirmişlerdir. Kalınlığı 1.0 mm olan bu plağı 30 kondil kırığı bulunan hastaya uyguladıkları çalışmalarında sadece bir hastada vida gevşemesi olduğunu rapor etmişler ve çift plak uygulamasına alternatif olabilecek sonuçlar elde ettiklerini bildirmişlerdir.¹⁴⁰ Kondil kırıklarında stabilizasyonu arttırmak adına, özel olarak dizayn edilmiş miniplaklarla yapılan çalışmalarından bir diğeri Meyer ve ark.¹⁰⁵, a aittir. Yazarlar yaptıkları in vitro çalışma sonucunda ideal osteosentez prensipleri doğrultusunda kondilin lateroposterior yüzeyindeki kompresyon ve sigmoid çentigin

altındaki gerilim alanlarına ayrı ayrı tek plak yerleştirmek yerine kendi geliştirdikleri trapezoidal (ikizkenar yamuk) şekilli bir miniplak koyarak yeterli stabilizasyon sağladıklarını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, bir başka çalışmalarında kendi dizayn ettikleri bu plağın klinik sonuçlarını değerlendirmişlerdir.¹⁶⁰ Subkondiler kırık bulunan 64 hastayı kapsayan klinik çalışmalarında, dūřuk komplikasyon oranı ile yeterli fiksasyon sağlanabildiği rapor edilmiştir.¹⁶⁰

2007 yılında yapılan benzer bir çalışmada Lauer ve ark.¹¹⁰ kırık hattının her iki tarafında ikişer vida ile yerleştirilen ve bir ayağı gerilim diğer ayağı kompresyon alanına gelecek şekilde uygulanan delta şekilli miniplağın 16 hasta üzerinde klinik sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, 1.0 mm’lik kalınlığa sahip olduğundan kūuk ve adapte edilebilir olması, kolay uygulanabilmesi, tek plakla anterior ve posterior gerilim alanlarının nōtralize edilmesi ve en ۆnemlisi de proksimal parçada tek plak olması gibi avantajlarından dolayı çift plak uygulamalarına iyi bir alternatif olabileceğini ۆne sūrmūřlerdir.¹¹⁰

Tūm bunları gōz ۆnūnde bulundurarak biz de çalıřmamızda bir ayaęı kompresyon sahasına dięer ayaęı gerilim sahasına gelen 2.0 mm profile sahip ‘Y’ řekilli miniplak kullandık. Her iki segmente 2 vida gelecek řekilde yerleřtirilen bu plak, dūz mini plakla karřılařtırıldıęında hem gerilim hem de sıkıřma alanlarında stabilizasyon saęlaması yōnūyle çift plak gibi gōrev yaparken, kolay uygulanması sebebiyle operasyon sūresini kısaltması gibi tek plak yōnteminin saęladıęı avantajlara da sahiptir. Ancak elde ettięimiz verilerde 80-100-120 N’ de çift mikro ve tek titanyum grupları, ‘Y’ řekilli miniplak grubundan daha stabil sonuçlar vermiřtir. Bunun muhtemel sebebinin, ‘Y’ řekilli plaklarda kompresyon ve gerilim alanlarına tek vida gelmesi olduęunu dūřünmekteyiz. Dolayısıyla uygulanan deneysel kuvvete karřı, gerilim

alanında bulunan tek vida direnç göstermekte ve yeterli stabilizasyon sağlanamamaktadır. Çift titanyum plaklarla karşılaştırıldığında her ne kadar ‘Y’ şekilli plağın kullanımı; hem maliyet hem de uygulama kolaylığı açısından avantajlı gibi görünse de, yeterli stabilizasyon elde edilememesi ve bu plaklarla yapılmış klinik çalışmaların olmaması bu plakların kullanımında göz önünde bulundurulması gereken bir durumdur.

Miniplak uygulamasını takiben iyileşme döneminde vida gevşemesi fiksasyon aygıtının kaldırılmasını gerektirebilen önemli bir problemidir. Bu problem kilitli miniplak/vida sistemlerinin geliştirilmesiyle kısmen de olsa çözülmüştür.^{33,99,161} Kilitli sistemlerde hem kemiğe hem de plağa kilitlenerek mini internal fiksasyon sağlayan, plaklardaki yivlere oturacak şekilde dizayn edilmiş, başlarında yiv bulunan vidalar kullanılmaktadır. Bu sistem kırığın daha az distorsiyonuyla sonuçlanan rijit fiksasyon sağlamaktadır. Aynı zamanda plak kemiğe karşı daha az baskı oluşturduğundan, kemiğin kan dolaşımına müdahale minimale indirilmiş olmaktadır.¹⁶¹ Herford ve Ellis¹⁶² kilitli sistemlerin kolay uygulanabildiğini ve kemiğe fazla baskı uygulanmadan stabilizasyon elde edilmesinin geleneksel plaklara göre büyük bir üstünlük sağladığını bildirmiştir.

Geleneksel miniplak uygulamalarında plağın kemik yüzeyine tam olarak uyumlandırılması esastır. Bu sistemlerde vidaların sıkıştırılmasıyla plaklar kemiğe karşı baskıya neden olur.³³ Bu baskı primer stabiliteye önemli ölçüde katkıda bulunan sürtünme kuvveti oluşturur. Aksi takdirde plak ve kemik yüzeyi arasındaki uyumsuzluk, vidaların sıkılmasıyla beraber hareketli kemik fragmanları arasında aralanma ve burulmalara (torsiyona) sebep olmaktadır. Bu durum da kırık redüksiyonun bozulmasına yol açmaktadır. Mini-kilitli sistemler fikse edildiği zaman sistem hemen

hemen değişmeden kalır. Bu yüzden kilitli sistemlerde klasik miniplaklar kadar kemikle plağı adapte etmeye gerek yoktur.³³ Haug ve ark.¹⁶³ miniplak-kemik uyumsuzluğunun etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında, adaptasyon derecesinin klasik plak sistemlerinde mekanik davranışı etkilemesine karşın, kilitli plaklarda böyle bir değeriklik olmadığını rapor etmişlerdir.

Kilitli miniplak/vida sistemlerinin günümüzde oldukça popüler olan standart 2,0 mm miniplak/vida sistemlerine üstünlüğünü gösteren birçok in vitro^{33,118} ve klinik bazlı^{99,104,164} çalışma mevcuttur. Chritah ve ark.¹⁶⁴ yaptıkları klinik çalışmada mandibula kırıklarının tedavisinde 2.0 mm kilitli sistemleri kullanmışlar ve operasyon sonrası 1 hafta IMF uygulamışlardır. alışmalarının sonucunda komplikasyon oranını % 6 olarak rapor etmişlerdir. Benzer bir çalışmada Singh ve ark.¹⁰⁴ 25 hastanın sadece 7'sinde postoperatif IMF uygulamışlar ve komplikasyon oranını kilitli ve kilitli olmayan grubunda sırasıyla % 6 ve % 13 olarak bildirmişlerdir. Yazarlar kilitli miniplak sistemleri kullanıldığı zaman oldukça stabil osteosentez sağlandığını, bu sebeple operasyon sonrası İMF süresinin bir haftaya indirilebileceğini ne sürmüşlerdir. Ellis ve Graham³² kilitli sistemleri kullanarak internal fiksasyonunu gerçekleştirdikleri mandibula kırığı bulunan 59 hastanın hiçbirinde postoperatif İMF kullanmamışlar ve komplikasyon oranını % 15 olarak rapor etmişlerdir. Seeman ve ark.⁹⁹ 146 kondil boynu kırığının 72'sini kilitli ve 74'n kilitli olmayan sistemlerle tedavi etmişlerdir. Postoperatif IMF uygulamadıkları çalışmalarının sonucunda başarı oranını % 97,3 olarak bildirirken vida gevfemesini sadece 2 hastayla kilitli olmayan grubunda rapor etmişlerdir. Yazarlar kilitli plakların literatürde bahsedilmeyen avantajlarından birisi olarak, osteosentez sistemi başarısız olduğunda bu sistemlerde vida kilitlendiğinden dolayı vidanın yumuşak dokulara g etmediğini bildirmişlerdir.

Bizim de çalışmamızda elde ettiğimiz veriler bu sonuçlara paraleldir. Kilitli miniplak grubu çift titanyum sistemi hariç diğer sistemlerden daha stabil sonuçlar vermiştir. Bununla birlikte kullanılan kilitli plağın profil kalınlığının 2.4 mm olması bu sonuçta etkili bir faktör olduğunu düşünmekteyiz. Torsiyonal kuvvetlerin etkisi altında kalan kondiler saha kırıklarında, büyük problem teşkil eden vida gevşemelerinin önüne geçebilmek için, yüksek maliyeti de göz önünde bulundurularak kilitli plakların çift miniplak uygulamasına alternatif olabileceğini düşünmekteyiz.

Ellis¹⁶⁵ kondil kırıklarında internal fiksasyonun; plak kırılması ve vida/kemik bağlantısının bozulması nedeniyle başarısız olduğunu bildirmiştir. Plağa gelen yüklenme, vida/kemik bütünlüğünü bozacak şekilde artarsa kırık stabilizasyonunda bozulmayla sonuçlanacak vida gevşemesine neden olmaktadır. Bahsedilen vida-kemik teması ya geniş çaplı ya da monokortikal yerine bikortikal vidalar kullanarak ve/veya kırığın her iki tarafında vida sayısını arttırmakla sağlanabilir. Kondiler sahaya ideal plak yerleşiminde kırığın her iki tarafına 2.0 mm çapında bikortikal ikişer vida yerleştirilmesi tavsiye edilmiştir.^{89,165} Buna karşın Hammer ve ark.¹⁰⁸ yeterli stabilizasyon sağlamak için her bir fragmana 3 adet vida yerleştirilmesinin faydalı olacağını ve kondil başı hariç diğer kondiler sahalarda vidaların bikortikal olmasını tavsiye etmişlerdir. Ancak, literatürde kırığın her iki tarafına üçer adet vida yerleştirilerek yapılmış yalnızca bir adet biyomekanik çalışma bulunmaktadır.¹⁰⁶ Buna karşın kırığın her iki tarafına çok nadiren ikiden fazla vida konulabileceği, bu sebeple vidaların geniş çaplı ve/veya bikortikal yerleştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.¹⁶⁵ Biz de, deneylerimizde plak yerleştirilmesinin en rahat olduğu kırık tipi olan düşük seviyeli subkondiler kırık oluşturmamıza rağmen, özellikle kondiler segmente 3 vidanın yerleştirilmesinin oldukça güç olduğunu gördük. Bununla beraber her bir segmentte iki

vidalı düz miniplakla yapılan osteosentezin yeterli stabilizasyon sağladığını, her segmente 3 vida yerleştirmenin komplikasyon riskini artıracak ve operasyon süresini gereksiz yere uzatacağını düşünmekteyiz.

Literatürde, in vitro biyomekanik çalışmalarda 5,0 mm¹¹² den 8,0 mm¹⁵ ye kadar değişen boylarda vida uygulandığı görülmektedir. Asprino ve ark.¹ sentetik hemimandibula kullanarak kondil kırıklarında fiksasyon tekniklerinin biyomekanik stabilizasyonlarını karşılaştırmışlar, 4 delikli düz miniplakları 6,0 mm ve 8,0 mm'lik vidalarla uygulamışlar ve bikortikal olarak yerleştirilen vidaların daha iyi stabilizasyon sağladıklarını rapor etmişlerdir. Biz de çalışmamızda plaklardan azami stabiliteyi elde etmek amacıyla mikro plak gruplarında 9.0 mm ve diğer gruplarda 7.0 mm boyunda bikortikal vidalar tercih ettik. Bununla beraber vidaların uzunluğundan ziyade plakların tipi ve kalınlığının stabilizasyonda daha etkili olduğunu gözlemledik. Çalışmamızda aynı çap ve boyda vida kullanılmasına rağmen 2.0 mm'lik miniplak ile 2.4 mm'lik kilitli plağın rijitidelerinin istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı çıkması bu görüşü destekler niteliktedir.

Kondil kırıklarında yapılan biyomekanik çalışmalarda stabilizasyonu etkileyen faktörler arasında vida sayısı, plak tipi ve kalınlığı göz önünde bulundurulurken vida çapı üzerinde fazla durulmadığı ve çalışmaların büyük kısmında 2.0 mm çaplı vidaların tercih edildiği görülmektedir.^{1,2,15} Deneylerimizde mikro plak grubunda 1.6 mm, diğer gruplarda 2.0 mm çapa sahip vidalar kullanıldı. Sargent ve Green¹⁵⁶ plak ve vidaların tiplerinin rijitideyi etkilediğini, 1.5 mm çaplı vidaların yeterli fiksasyon sağlamayabileceğini bu nedenle IMF'nin de gerekli olabileceğini rapor etmiştir. Çalışmamızda özellikle tek mikro plak grubunun zayıf stabiliteye sahip olması, düşük profile sahip olmasının yanında vida çaplarının küçük olmasıyla da açıklanabilir.

Miniplak/vida sistemleriyle yapılan açık redüksiyonda yeterli stabilizasyon sağlandığı takdirde operasyon sonrası IMF gerekmemektedir.^{12,108,156} Buna karşın miniplak osteosenteziyle IMF 'yi kombine kullanan yazarlar da vardır.^{83,166} Hyde ve ark.¹⁵³ açık redüksiyonla tedavi ettikleri tek taraflı kondil kırığı bulunan 54 hastada, ankiloz oluşumunu engellemek için postoperatif IMF uygulamadıklarını rapor etmişlerdir. Hammer ve ark.¹⁰⁸ ve Choi ve ark.¹² kondil kırıklarında farklı osteosentez tekniklerinin klinik sonuçlarını değerlendirmişler ve miniplak/vida sistemleriyle yeterli stabilizasyon sağladıkları durumda postoperatif IMF uygulamadıklarını sadece hastaya yumuşak diyet tavsiye ettiklerini bildirmişlerdir. Çalışmamızdan elde ettiğimiz verilere göre özellikle tek mikro ve rezorbe olabilen plak gruplarında kırık stabilizasyonunun yetersiz olması nedeniyle fiksasyonun IMF ile desteklenmesi gerektiği kanaatindeyiz.

Mandibula kırıklarının tedavisinde titanyum miniplak/vida sistemleri günümüzde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Titanyum biyouyumlu bir materyal olmasının yanı sıra stabilizasyon için yeterli bir dirence de sahiptir. Bununla beraber bu sistemlerin kullanılması sonucu çeşitli postoperatif problemler meydana gelebilmektedir.¹⁶⁷ Metal plakların kullanılmasına bağlı olarak palpe edilebilirlik, ekstrüzyonla sonuçlanan gevşeme, soğuk hassasiyeti, vida migrasyonu, korozyon, radyoterapi ve radyografik görüntüleme esnasında parazit oluşturma ve çocuk hastalarda büyümenin engellenmesi gibi problemler meydana gelebilmektedir.¹⁶⁷

Metal plakların bahsedilen problemlerinden dolayı eriyebilen miniplak/vida sistemleri gündeme gelmiştir. Rezorbe olabilen sistemlerin en büyük avantajı materyalin rezorbsiyonuyla beraber iyileşen kemiğe fonksiyonel stresin kademeli olarak yansıtılmasıdır.⁴² Böylece metal plakların rijitidesi sebebiyle stresin kemiğe yansıtılmaması sonucu iyileşme alanında meydana gelen atrofilerin önüne geçilmiş

olmaktadır.^{42,168} Aynı zamanda sistemin tamamen rezorbe olmasıyla beraber ikinci bir operasyonla çıkarılmasına gerek kalmaması ve büyümeyi engellememesi diğer avantajları arasındadır.¹¹³

Rezorbe olabilen sistemlerde polidiaksanon (PDS), poliglikolik asit (PGA), poli-L-laktit asit (PLLA), poly-L/D-laktit (PLDLA) gibi polimerler kullanılmıştır.¹⁶⁹ Çeşitli hayvan çalışmalarında poli-L-laktit asit (PLLA) monomerleri kullanılarak mandibula kırıklarının stabilizasyonu gerçekleştirilmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.^{147,170} 1989 yılında Bos ve ark.^{147,170} tarafından Poli (L-Lactide) (PLLA) miniplak/vida sistemleri kullanılarak yapılan köpek ve koyun çalışmalarında PLLA sistemlerinin biyouyumlu olduğu ve fasiyal alanda belirli bölgelerde kemik iyileşmesi için yeterli dayanıklılıkta olduğu rapor edilmiştir. Yüksek molekül ağırlıklı polilaktit asit polimerleri (PLLA) uzun süre rezorbe olmadan kalabildikleri için yabancı cisim reaksiyonu oluşturabilmektedirler.^{39,167,168} Hidrofobik bir polimer olan PLLA sistemlerinde operasyonu takiben gerilim direnci ilk bir hafta içerisinde hızlı bir şekilde düşerek stabilizasyonun bozulmasına neden olabilmektedir. Buna karşın hidrofilik yapılı poliglikolik asit (PGA) polimeri hızlı bir şekilde rezorbe olduğu için yabancı cisim reaksiyonu gelişme ihtimali daha azdır. PGA monomerleri 2 hafta içerisinde orijinal dayanımlarının % 50 sini, 6 hafta sonra ise tamamını kaybettiklerinden dolayı bu monomerin tek kullanılması tavsiye edilmemektedir.¹⁶⁷ Gereksinimler doğrultusunda bu materyallerin değişik oranlarda kombinasyonu sonucu her iki monomerin istenilen özelliklerini taşıyan çeşitli kopolimer formları üretilmiştir.^{113,167} Bu kombinasyonlar içerisinde kraniyomaksillofasiyal endikasyonlar için FDA onaylı PLLA/PGA, yerleştirilmesini takiben özellikle kemik iyileşmesi için stabilizasyonun önemli olduğu ilk 6-8 hafta içerisinde başlangıç dayanımının % 70 ini muhafaza etmektedir.¹⁶⁷

Çalışmamızda da maksillofasiyal cerrahide sıklıkla tercih edilen PLLA/PGA (% 82- % 18) polimeri tercih edilmiştir.

Literatürde polilaktik asit (PLA), poliglikolik asit (PGA), polidiaksanon (PDS), poli-L-laktit (PLLA) ve PLLA/PGA gibi polimerlerin metal miniplak/vida sistemleriyle karşılaştırıldığı klinik çalışmaların büyük bir kısmında, rezorbe olabilen sistemlerin daha yüksek komplikasyon oranlarına sahip olduğu görülmektedir.^{123,124} Bununla birlikte kondil kırıklarının internal fiksasyonunda rezorbe olabilen materyallerin kullanımının klinik ve radyolojik sonuçlarını değerlendiren çalışmaların sayısı oldukça azdır.^{41,42,111}

Ferretti¹²³ 2008 yılında, bizim de çalışmamızda kullandığımız PLLA/PGA (% 82- % 18) kopolimer sistemleriyle internal fiksasyon yaptığı mandibula kırığı bulunan 31 hastanın klinik ve radyolojik sonuçlarını değerlendirmiştir. Çalışmada hastalara 4 haftalık elastik İMF uygulanmış ve yumuşak diyet önerilmiştir. Yazar, çalışmasının sonucunda % 22.5 gibi yüksek bir oranda komplikasyon olduğunu ve muhtemel sebebin fiksasyon materyalinin fonksiyonel kuvvetlere karşı yeterli dirençte olmamasından kaynaklandığını ifade etmiştir. Aynı zamanda yazar, PLLA/PGA (% 82- % 18) polimerinin pahalı bir fiksasyon yöntemi olmasına karşın seçilmiş hastalarda geleneksel titanyum miniplak/vida sistemlerine alternatif olabileceğini bildirmiştir. Landes ve Ballon¹²⁴ 30 hastadan oluşan serilerinde 50 mandibula kırığını rezorbe olabilen (P(L70/30DL)LA) miniplak ve vidalarla fikse ederek hastaları ortalama 31 ay takip etmişlerdir. Araştırmacılar özellikle kırık fragmanlarının düzgün bir şekilde bir araya gelmediği patolojik kırıklarda rezorbe olabilen materyallerin kullanılmasının güvenli olmadığını ve bu materyallerin çok pahalı olduğunun da göz önünde bulundurulması gerektiğini bildirmişlerdir.

Literatürde -sayısı az da olsa- rezorbe olan miniplak vida sistemlerinin daha düşük komplikasyon oranına sahip olduğunu rapor eden çalışmalar da mevcuttur.^{42,113,169} Laughlin ve ark.¹¹³ rezorbe olabilen sistemlerle redüksiyonu yapılan 50 fraktürün klinik ve radyolojik sonuçlarını, literatürden derledikleri titanyum miniplak/vida sistemlerinin klinik sonuçlarıyla karşılaştırmışlardır. Rezorbe olabilen sistemlerde operasyon sonrası enfeksiyon oranını % 6, titanyum plaklarda ise bu oranı % 13 olarak bildirmişlerdir. Buna rağmen rezorbe olabilen sistemlerde ideal stabilizasyon sağlanamadığını rapor etmişlerdir. Suzuki ve ark.⁴² kondil kırığı bulunan 14 hastanın klinik ve radyolojik sonuçlarını değerlendirdikleri çalışmalarında, PLLA plakların kondil kırıklarının tedavisinde yeterli fiksasyon sağladıklarını rapor etmişlerdir.

Rezorbe olabilen sistemler kullanılarak kırık fiksasyonu yapılan çalışmalarda elde edilen olumlu sonuçlar, operasyon sonrası İMF kullanımı ve materyalin uzun sürede rezorbe olmasıyla açıklanabilir. Pilling ve ark.¹¹ a göre; rezorbe olabilen sistemlerin Young's modülü gibi materyal karakteristikleri ve rezorbsiyon süreleri osteosentezin başarısında kritik bir rol oynar. Materyalin uzun sürede rezorbe olması ve çok az elastikiyete sahip olması stabilizasyonu artırmaktadır. Suzuki ve ark.⁴²'nın yaptıkları çalışmada 3 yıl sonraki kontrollerde PLLA plaklarının rezorbe olmadığını görülmesi de bu görüşü destekler niteliktedir.

Rezorbe olabilen sistemlerin yaygın olarak kullanılmamasının başlıca sebebi mekanik zayıflığıdır. Bu sistemlerin biyomekanik karakteristiğini titanyum sistemlerle karşılaştıran in vitro çalışmaların sayısı oldukça fazla olmasına rağmen,^{145,146,171-173} kondil kırıklarında yapılmış sadece üç çalışma bulunmaktadır.^{11,13,15} Bizim çalışmamız aynı zamanda bu açığı kapatmaya yöneliktir. Alkan ve ark.¹³ tek titanyum miniplak,

kompresyon plağı ve rezorbe olabilen miniplak/vida fiksasyonlarının biyomekanik karakteristiklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, 1.75 mm ve 3.50 mm deplasman miktarlarındaki kuvvet grafiklerini incelemişlerdir. Yazarlar 3.50 mm deplasman değerlerinde ulaşılan kuvvet miktarlarını sırasıyla 414 N, 516 N, 340 N olarak bildirmişler ve fiksasyon sistemleri arasında istatistiki bir fark olmadığını rapor etmişlerdir. Yazarların deneylerde tek plak kullanmalarına rağmen kuvvet grafiklerinde yüksek değerler elde etmelerinin sebebinin deney düzeneğinde 3 nokta modeli kullanılmasından ve kuvvetin uygulandığı noktanın kondil yerine angulus bölgesi olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Benzer bir çalışmada Tominaga ve ark.¹⁵ sentetik hemimandibulalar üzerinde tek ve çift titanyum, lag screw ve çift PLLA ile fiksasyon tekniklerinin stabilitelerini karşılaştırmışlar ve çalışmalarına rezorbe olabilen tek plak grubunu dahil etmemişlerdir. Buna gerekçe olarak, ön değerlendirmelerinde eriyebilen tek plak yerleştirilen fiksasyon sisteminin titanyum sistemlerin yaklaşık yarısı kadar yüklenme toleransına sahip olmasını göstermişlerdir. Yazarlar maksimum yüklenme kapasitesini tek titanyum plaklarda 263.5 N, çift PLLA grubunda 280.6 N olarak rapor etmişlerdir. Bu değerler ışığında rezorbe olabilen sistemlerin titanyum sistemlerle karşılaştırıldığında yetersiz dayanıma sahip olduklarını ve bu sahaya rezorbe olabilen sistemlerin yerleştirilmesi tercih edildiği zaman mutlaka çift plak uygulanması gerektiğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte çift titanyum grubunda bu değerlerin ortalama 704.8 N gibi oldukça yüksek bir değer olması, çift PLLA sistemlerle karşılaştırıldığında bu sistemlerin biyomekanik karakteristiğinin ne kadar güçlü olduğunu bir kez daha göstermektedir. Aynı şekilde 2009 yılında Pilling ve ark.¹¹ kondil kırıklarının tedavisinde on farklı fiksasyon metodunun stabilitelerini değerlendirdikleri in vitro çalışmalarında, maksimum anterioposterior kuvvetlerde tek rezorbe plakları

88.3 N, çift rezorbe plakları 185.9 N, barlı titanyum tek miniplak için bu değeri 236.3 N olarak rapor etmişlerdir. Yazarlar özellikle rezorbe olabilen tek miniplakların yetersiz stabilizasyon sağladıklarından dolayı mekanik olarak ağır yüklenme sahalarında kullanılmaması gerektiğini bildirmişlerdir.

Çalışmamızdan elde ettiğimiz veriler yukarıda bahsedilen çalışmalarda bulunan sonuçlarla paraleldir. 100 Nt kuvvet değerinde tek titanyum miniplak grubunda ortalama 0,96 mm deplasman görülürken, tek rezorbe plak grubunda ise 3,27 mm gibi yüksek değerler izlenmiştir. Dolayısıyla oldukça yüksek maliyeti bulunmasının yanında yetersiz stabilizasyon sağlayan bu sistemlerin eklem bölgesi gibi ağır yük altında bulunan bir sahada kullanılmaları tartışılabilir bir konudur. Bunun yanında bu sistemlerin en büyük avantajının ikinci bir operasyonu gerektirmemesi iken, yetersiz stabilizasyona bağlı olarak ortaya çıkabilecek bir komplikasyonda ikinci bir cerrahi girişimin yapılması da sistemin dezavantajı olarak ön plana çıkmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

- Yapılan bu çalışma sonucunda subkondiler kırıklarının internal fiksasyonunda diğer miniplak/vida sistemleriyle karşılaştırıldığında çift titanyum miniplak sisteminin biyomekanik stabilitesinin en yüksek olduğu gösterilmiştir. Bununla beraber tek miniplak ya da ‘Y’ şekilli miniplağın kondile yansıyan çigneme kuvvetleri göz önüne alındığında yeterli stabilizasyon sağlamasına karşın, tek rezorbe olabilen plak ve tek mikro plakların yeterli stabilizasyon sağlayamayabileceği sonucuna varıldı.

- Çeşitli avantajları bulunan düşük profil kalınlığına sahip tek mikro plakların kondil kırıkları için yeterli fiksasyon sağlamadığı, bu nedenle tek mikro plak uygulandığı takdirde rijit fiksasyonun İMF ile desteklenmesi gerektiğini düşünmekteyiz.

- Rezorbe olabilen plak grubunda yeterli stabilizasyon sağlanmadığı görülmüştür. Yüksek maliyete sahip bu sistemler yerine daha ekonomik olan ve daha iyi stabilizasyon elde edilen ‘Y’ şekilli miniplak ya da tek titanyum miniplağın, kondil kırıklarının tedavisinde daha uygun materyal olacağı kanaatindeyiz.

- Çalışmamızda çift mikro plak ile tek titanyum miniplak grupları arasında tüm kuvvet değerlerinde biyomekanik stabilizasyon açısından istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Dolayısıyla kondil kırıklarının internal fiksasyonunda hem maliyetinin düşük olması hem de uygulama kolaylığı açısından çift mikro plak yerine tek titanyum miniplak kullanılması daha mantıklı olacaktır.

- Kondil kırığının internal fiksasyonunda şayet tek plak konulacak ise, en stabil fiksasyon için 2.4 mm profil kalınlığına sahip kilitli plak tercih edilebilir.

- Çeşitli kırık tiplerinin fiksasyon yöntemlerinin stabilitelerini karşılaştıran biyomekanik çalışmalarda test modellerinin standardizasyonu gerekmektedir. Bu nedenle bu tip in vitro çalışmalarda –her ne kadar bazı dezavantajları bulunsa da– standart büyüklük ve yoğunlukta olan sentetik test modellerinin kullanılması daha objektif sonuçlar alınmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Asprino L, Consani S, de Moraes M. A comparative biomechanical evaluation of mandibular condyle fracture plating techniques. J Oral Maxillofac Surg 2006;64(3):452-6.
2. Gealh WC, Costa JV, Ferreira GM, Iwaki Filho L. Comparative study of the mechanical resistance of 2 separate plates and 2 overlaid plates used in the fixation of the mandibular condyle: an in vitro study. J Oral Maxillofac Surg 2009;67(4):738-43.
3. Villarreal PM, Monje F, Junquera LM, Mateo J, Morillo AJ, Gonzalez C. Mandibular condyle fractures: determinants of treatment and outcome. J Oral Maxillofac Surg 2004;62(2):155-63.
4. Undt G, Kermer C, Rasse M, Sinko K, Ewers R. Transoral miniplate osteosynthesis of condylar neck fractures. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1999;88(5):534-43.
5. Wagner A, Krach W, Schicho K, Undt G, Ploder O, Ewers R. A 3-dimensional finite-element analysis investigating the biomechanical behavior of the mandible and plate osteosynthesis in cases of fractures of the condylar process. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2002;94(6):678-86.
6. Hansmann C. Eine neue methode der fixirung der fragmente bei omplicierten frakturen. Verh Dtsch Ges Chir 1886;15:134-6. 'ALINMIŞTIR' Sauerbier S, Schon R, Otten JE, Schmelzeisen R, Gutwald R. The development of plate osteosynthesis for the treatment of fractures of the mandibular body - a literature review. J Craniomaxillofac Surg 2008;36(5):251-9.

7. Michelet FX, Dessus B, Benoit JP, Moll A. [Mandibular osteosynthesis without blocking by screwed miniature stellite plates]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* 1973;74(3):239-45.
8. Champy M, Lodde JP. [Mandibular synthesis. Placement of the synthesis as a function of mandibular stress]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* 1976;77(8):971-6.
9. Pape H, Hauenstein H, Gerlach L. Surgical care of condylar fractures using miniplates: indication, technic and 1st results and limits. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 1980;25:81-3.
10. Wong RC, Tideman H, Kin L, Merckx MA. Biomechanics of mandibular reconstruction: a review. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2010;39(4):313-9.
11. Pilling E, Eckelt U, Loukota R, Schneider K, Stadlinger B. Comparative evaluation of ten different condylar base fracture osteosynthesis techniques. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2009;48(7):527-31.
12. Choi BH, Yi CK, Yoo JH. Clinical evaluation of 3 types of plate osteosynthesis for fixation of condylar neck fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 2001;59(7):734-7; discussion 38.
13. Alkan A, Metin M, Muglali M, Ozden B, Celebi N. Biomechanical comparison of plating techniques for fractures of the mandibular condyle. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2007;45(2):145-9.
14. Choi BH, Kim KN, Kim HJ, Kim MK. Evaluation of condylar neck fracture plating techniques. *J Craniomaxillofac Surg* 1999;27(2):109-12.
15. Tominaga K, Habu M, Khanal A, Mimori Y, Yoshioka I, Fukuda J. Biomechanical evaluation of different types of rigid internal fixation techniques for subcondylar fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 2006;64(10):1510-6.

16. Mukerji R, Mukerji G, McGurk M. Mandibular fractures: Historical perspective. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2006;44(3):222-8.
17. Barber HD, Bahram R, Woodbury SC, Silverstein KE, Fonseca RJ. Mandibular fractures. In: Fonseca R, editor. *Oral and Maxillofacial Trauma*. Missouri: Elsevier Saunders; 2005. p. 479-522.
18. Siegert R, Weerda H. Immobilization of fractures of the facial skeleton: past and present. *Facial Plast Surg* 1990;7(3):137-51.
19. Aziz SR. A history of the treatment of jaw fractures. *J Mass Dent Soc* 1993;42(4):200-3.
20. Sabuncuoglu S. *Cerrahiyyetül-Haniyye*. Istanbul.Turkey: Fatih Millet Library no:79; 1465. 'ALINMIŞTIR' Koc A, Erginoglu U, Karaaslan O. Otorhinolaryngological procedures in the fifteenth century in Anatolia. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2004;113(5):414-7.
21. Koc A, Erginoglu U, Karaaslan O. Otorhinolaryngological procedures in the fifteenth century in Anatolia. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2004;113(5):414-7.
22. Fauchard P. *Trait´e de Chirurgie Dentaire*. Paris: Mariette 1728. 'ALINMIŞTIR' Mukerji R, Mukerji G, McGurk M. Mandibular fractures: Historical perspective. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2006;44(3):222-8.
23. Gunning T. Treatment of fractures of the lower jaw by interdental splints. *Br J Dent Sci* 1866;9:481. 'ALINMIŞTIR' Mukerji R, Mukerji G, McGurk M. Mandibular fractures: Historical perspective. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2006;44(3):222-8.
24. Hammond G. New treatment of fractured maxillae. *Monthly Rev Dent Surg*. 1872;1:547-50. 'ALINMIŞTIR' Hausamen JE. The scientific development of

- maxillofacial surgery in the 20th century and an outlook into the future. *J Craniomaxillofac Surg* 2001;29(1):2-21.
25. Hausamen JE. The scientific development of maxillofacial surgery in the 20th century and an outlook into the future. *J Craniomaxillofac Surg* 2001;29(1):2-21.
 26. Gilmer T. A case of fracture of the lower jaw with remarks on the treatment. *Arch Dent* 1887;4:388. 'ALINMIŞTIR' Barber HD, Bahram R, Woodbury SC, Silverstein KE, Fonseca RJ. Mandibular fractures. In: Fonseca R, editor. *Oral and Maxillofacial Trauma*. Missouri: Elsevier Saunders; 2005. p. 479-522.
 27. Angle E. The angle system of treating fractures of maxillary bones. *Br J Dent Sci* 1890;33:484. 'ALINMIŞTIR' Baker S, Dayan J. Principles of Fixation for Maxillofacial Trauma. In: Fonseca R, editor. *Oral and Maxillofacial Trauma*. Missouri: Elsevier Saunders; 2005. p. 1131-70.
 28. Lane W. Some remarks on the treatment of fractures. *Br Med J* 1895;1:861-3. 'ALINMIŞTIR' Sauerbier S, Schon R, Otten JE, Schmelzeisen R, Gutwald R. The development of plate osteosynthesis for the treatment of fractures of the mandibular body - a literature review. *J Craniomaxillofac Surg* 2008;36(5):251-9.
 29. Luhr HG. [On the stable osteosynthesis in mandibular fractures]. *Dtsch Zahnarztl Z* 1968;23(7):754.
 30. Raveh J, Stich H, Sutter F, Greiner R. Use of the titanium-coated hollow screw and reconstruction plate system in bridging of lower jaw defects. *J Oral Maxillofac Surg* 1984;42(5):281-94.
 31. Gutwald R. Biomechanical stability of an internal mini-fixation-system in maxillofacial osteosynthesis. *J Med Biol Eng Comp* 1999;37:280-81.

32. Ellis E, 3rd, Graham J. Use of a 2.0-mm locking plate/screw system for mandibular fracture surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2002;60(6):642-5; discussion 45-6.
33. Gutwald R, Alpert B, Schmelzeisen R. Principle and stability of locking plates. *Keio J Med* 2003;52(1):21-4.
34. Burm JS, Hansen JE. The use of microplates for internal fixation of mandibular fractures. *Plast Reconstr Surg* 2010;125(5):1485-92.
35. Kim YK, Nam KW. Treatment of mandible fractures using low-profile titanium miniplates: preliminary study. *Plast Reconstr Surg* 2001;108(1):38-43.
36. Kulkarni RK, Moore EG, Hegyeli AF, Leonard F. Biodegradable poly(lactic acid) polymers. *J Biomed Mater Res* 1971;5(3):169-81.
37. Cutright DE, Hunsuck EE, Beasley JD. Fracture reduction using a biodegradable material, polylactic acid. *J Oral Surg* 1971;29(6):393-7.
38. Roed-Petersen B. Absorbable synthetic suture material for internal fixation of fractures of the mandible. *Int J Oral Surg* 1974;3(3):133-6.
39. Bos RR, Boering G, Rozema FR, Leenslag JW. Resorbable poly(L-lactide) plates and screws for the fixation of zygomatic fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 1987;45(9):751-3.
40. Rozema FR, Levendag PC, Bos RR, Boering G, Pennings AJ. Influence of resorbable poly(L-lactide) bone plates and screws on the dose distributions of radiotherapy beams. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1990;19(6):374-6.
41. Rasse M, Moser D, Zahl C, Gerlach KL, Eckelt U, Loukota R. Resorbable poly(D,L)lactide plates and screws for osteosynthesis of condylar neck fractures in sheep. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2007;45(1):35-40.

42. Suzuki T, Kawamura H, Kasahara T, Nagasaka H. Resorbable poly-L-lactide plates and screws for the treatment of mandibular condylar process fractures: a clinical and radiologic follow-up study. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62(8):919-24.
43. Buyukakyuz N, Ogut M, Uyumaz N, Ozturk M. Alt çene kondil kırıkları ve tedavi yöntemleri. *İstanbul Uni Diş Hek Fak Derg* 2010;44(1):55-61.
44. Ozgenel GY, Bayraktar A, Ozbek S, Akin S, Kahveci R, Ozcan M. [A retrospective analysis of 204 mandibular fractures]. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 2004;10(1):47-50.
45. Marker P, Nielsen A, Bastian HL. Fractures of the mandibular condyle. Part 1: patterns of distribution of types and causes of fractures in 348 patients. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2000;38(5):417-21.
46. Zachariades N, Mezitis M, Mourouzis C, Papadakis D, Spanou A. Fractures of the mandibular condyle: a review of 466 cases. Literature review, reflections on treatment and proposals. *J Craniomaxillofac Surg* 2006;34(7):421-32.
47. Bormann KH, Wild S, Gellrich NC, Kokemuller H, Stuhmer C, Schmelzeisen R, et al. Five-year retrospective study of mandibular fractures in Freiburg, Germany: incidence, etiology, treatment, and complications. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67(6):1251-5.
48. Eulert S, Proff P, Bokan I, Blens T, Gedrange T, Reuther J, et al. Study on treatment of condylar process fractures of the mandible. *Ann Anat* 2007;189(4):377-83.
49. Mitchell DA. A multicentre audit of unilateral fractures of the mandibular condyle. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1997;35(4):230-6.

50. Stacey DH, Doyle JF, Mount DL, Snyder MC, Gutowski KA. Management of mandible fractures. *Plast Reconstr Surg* 2006;117(3):48e-60e.
51. de Matos FP, Arnez MF, Sverzut CE, Trivellato AE. A retrospective study of mandibular fracture in a 40-month period. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2010;39(1):10-5.
52. Hylander W. Functional anatomy and biomechanics of the masticatory apparatus. In: Laskin DM, editor. *Temporomandibular Disorders An Evidence-Based Approach to Diagnosis and Treatment*. Singapore: Quintessence Publishing Co, Inc; 2006. p. 3-34.
53. Obrez A, Gallo LM. Anatomy and function of the TMJ. In: Laskin DM, editor. *Temporomandibular Disorders An Evidence-Based Approach to Diagnosis and Treatment*. Singapore: Quintessence Publishing Co, Inc; 2006. p. 35-52.
54. Kademani D, Rombach D, Quinn P. Trauma to the temporomandibular joint region. In: Fonseca R, editor. *Oral and Maxillofacial Trauma*. Missouri: Elsevier Saunders; 2005. p. 523-68.
55. Greene MW, Hackney FL, Van Sickels JE. Arthroscopy of the temporomandibular joint: an anatomic perspective. *J Oral Maxillofac Surg* 1989;47(4):386-9.
56. Menon S, Sinha R. Gap arthroplasty for mandibular condyle dislocation and impaction into the middle cranial fossa. *J Oral Maxillofac Surg* 2008;66(11):2390-3.
57. Lindahl L. Condylar fractures of the mandible. I. Classification and relation to age, occlusion, and concomitant injuries of teeth and teeth-supporting structures, and fractures of the mandibular body. *Int J Oral Surg* 1977;6(1):12-21.

58. Erol B, Tanrikulu R, Gorgun B. Maxillofacial fractures. Analysis of demographic distribution and treatment in 2901 patients (25-year experience). *J Craniomaxillofac Surg* 2004;32(5):308-13.
59. Santler G, Karcher H, Ruda C, Kole E. Fractures of the condylar process: surgical versus nonsurgical treatment. *J Oral Maxillofac Surg* 1999;57(4):392-7; discussion 97-8.
60. Yaman F, Atılgan S, Yılmaz UN, Gorgun B. Mandibular kondil frakturleri: Retrospektif analiz. *Turkiye Klin J Dental Sci* 2007;13:48-54.
61. Brandt MT, Haug RH. Open versus closed reduction of adult mandibular condyle fractures: a review of the literature regarding the evolution of current thoughts on management. *J Oral Maxillofac Surg* 2003;61(11):1324-32.
62. Krenkel C. Treatment of mandibular-condylar fractures. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 1997;5(1):127-55.
63. Chacon FM, Larsen PE. Principles of Management of Mandibular Fractures In: Miloro M, editor. *Peterson's Principles Of Oral And Maxillofacial Surgery Second Edition* 2004. p. 401-33.
64. Ohura N, Ichioka S, Sudo T, Nakagawa M, Kumaido K, Nakatsuka T. Dislocation of the bilateral mandibular condyle into the middle cranial fossa: review of the literature and clinical experience. *J Oral Maxillofac Surg* 2006;64(7):1165-72.
65. Defabianis P. TMJ fractures in children and adolescents: treatment guidelines. *J Clin Pediatr Dent* 2003;27(3):191-9.
66. Klatt J, Heiland M, Blessmann M, Blake F, Schmelzle R, Pohlenz P. Clinical indication for intraoperative 3D imaging during open reduction of fractures of the

- neck and head of the mandibular condyle. *J Craniomaxillofac Surg* 2011;39(4):244-8.
67. Vesnaver A. Open reduction and internal fixation of intra-articular fractures of the mandibular condyle: our first experiences. *J Oral Maxillofac Surg* 2008;66(10):2123-9.
68. Barron RP, Kainulainen VT, Gusenbauer AW, Hollenberg R, Sandor GK. Fracture of glenoid fossa and traumatic dislocation of mandibular condyle into middle cranial fossa. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;93(6):640-2.
69. Carneiro S, Vasconcelos B, Caldas A, Jr., Leal J, Frazao M. Treatment of condylar fractures: A retrospective cohort study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2008;13(9):E589-94.
70. Ellis E, Throckmorton GS. Treatment of mandibular condylar process fractures: biological considerations. *J Oral Maxillofac Surg* 2005;63(1):115-34.
71. Assael LA. Open versus closed reduction of adult mandibular condyle fractures: an alternative interpretation of the evidence. *J Oral Maxillofac Surg* 2003;61(11):1333-9.
72. Ellis E, 3rd, Simon P, Throckmorton GS. Occlusal results after open or closed treatment of fractures of the mandibular condylar process. *J Oral Maxillofac Surg* 2000;58(3):260-8.
73. Ellis E, 3rd, Throckmorton G. Facial symmetry after closed and open treatment of fractures of the mandibular condylar process. *J Oral Maxillofac Surg* 2000;58(7):719-28; discussion 29-30.

74. Haug RH, Assael LA. Outcomes of open versus closed treatment of mandibular subcondylar fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 2001;59(4):370-5; discussion 75-6.
75. Throckmorton GS, Ellis E, 3rd, Hayasaki H. Masticatory motion after surgical or nonsurgical treatment for unilateral fractures of the mandibular condylar process. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62(2):127-38.
76. Widmark G, Bagenholm T, Kahnberg KE, Lindahl L. Open reduction of subcondylar fractures. A study of functional rehabilitation. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1996;25(2):107-11.
77. Luhr HG. Fractures of the mandible in children. *Operative Techniques in Plastic and Reconstructive Surgery* 1998;5(4):357-61.
78. Thoren H, Hallikainen D, Iizuka T, Lindqvist C. Condylar process fractures in children: a follow-up study of fractures with total dislocation of the condyle from the glenoid fossa. *J Oral Maxillofac Surg* 2001;59(7):768-73; discussion 73-4.
79. Choi J, Oh N, Kim IK. A follow-up study of condyle fracture in children. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2005;34(8):851-8.
80. Van Sickels JE, Parks WJ. Temporomandibular joint region injuries. In: Fonseca R, editor. *Oral and Maxillofacial Surgery*. Philadelphia: W. B. Saunders Company; 2000. p. 136-48.
81. Ortakoglu K, Saracgil S, Uner E, Sener C. 37 Hastada oluşan 63 maksillofasiyal kırıkde retrospektif bir çalışma. *Cumhuriyet Üniv Diş Hek Fak Derg* 2001;4(2):106-9.
82. Raveh J, Vuillemin T, Ladrach K. Open reduction of the dislocated, fractured condylar process: indications and surgical procedures. *J Oral Maxillofac Surg* 1989;47(2):120-7.

83. Worsaae N, Thorn JJ. Surgical versus nonsurgical treatment of unilateral dislocated low subcondylar fractures: a clinical study of 52 cases. *J Oral Maxillofac Surg* 1994;52(4):353-60; discussion 60-1.
84. Konstantinovic VS, Dimitrijevic B. Surgical versus conservative treatment of unilateral condylar process fractures: clinical and radiographic evaluation of 80 patients. *J Oral Maxillofac Surg* 1992;50(4):349-52; discussion 52-3.
85. Ikemura K. Treatment of condylar fractures associated with other mandibular fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 1985;43(10):810-3.
86. Rutges JP, Kruizinga EH, Rosenberg A, Koole R. Functional results after conservative treatment of fractures of the mandibular condyle. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2007;45(1):30-4.
87. Iizuka T, Ladrach K, Geering AH, Raveh J. Open reduction without fixation of dislocated condylar process fractures: long-term clinical and radiologic analysis. *J Oral Maxillofac Surg* 1998;56(5):553-61; discussion 61-2.
88. Silvennoinen U, Iizuka T, Oikarinen K, Lindqvist C. Analysis of possible factors leading to problems after nonsurgical treatment of condylar fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 1994;52(8):793-9.
89. Ellis E, 3rd, Dean J. Rigid fixation of mandibular condyle fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1993;76(1):6-15.
90. Jensen T, Jensen J, Norholt SE, Dahl M, Lenk-Hansen L, Svensson P. Open reduction and rigid internal fixation of mandibular condylar fractures by an intraoral approach: a long-term follow-up study of 15 patients. *J Oral Maxillofac Surg* 2006;64(12):1771-9.

91. Joos U, Kleinheinz J. Therapy of condylar neck fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1998;27(4):247-54.
92. Haug RH, Brandt MT. Traditional versus endoscope-assisted open reduction with rigid internal fixation (ORIF) of adult mandibular condyle fractures: a review of the literature regarding current thoughts on management. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62(10):1272-9.
93. Troulis MJ. Endoscopic open reduction and internal rigid fixation of subcondylar fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62(10):1269-71.
94. Miloro M. Endoscopic-assisted repair of subcondylar fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;96(4):387-91.
95. Lee C, Mueller RV, Lee K, Mathes SJ. Endoscopic subcondylar fracture repair: functional, aesthetic, and radiographic outcomes. *Plast Reconstr Surg* 1998;102(5):1434-43; discussion 44-5.
96. Schon R, Gutwald R, Schramm A, Gellrich NC, Schmelzeisen R. Endoscopy-assisted open treatment of condylar fractures of the mandible: extraoral vs intraoral approach. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2002;31(3):237-43.
97. Ellis E, 3rd, Throckmorton GS. Bite forces after open or closed treatment of mandibular condylar process fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 2001;59(4):389-95.
98. Oezmen Y, Mischkowski RA, Lenzen J, Fischbach R. MRI examination of the TMJ and functional results after conservative and surgical treatment of mandibular condyle fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1998;27(1):33-7.
99. Seemann R, Frerich B, Muller S, Koenke R, Ploder O, Schicho K, et al. Comparison of locking and nonlocking plates in the treatment of mandibular

- condyle fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108(3):328-34.
100. Kallela I, Soderholm AL, Paukku P, Lindqvist C. Lag-screw osteosynthesis of mandibular condyle fractures: a clinical and radiological study. *J Oral Maxillofac Surg* 1995;53(12):1397-404; discussion 405-6.
 101. Krenkel C. Axial 'anchor' screw (lag screw with biconcave washer) or 'slanted-screw' plate for osteosynthesis of fractures of the mandibular condylar process. *J Craniomaxillofac Surg* 1992;20(8):348-53.
 102. Eckelt U. [Tension bolt osteosynthesis for fractures of the mandibular condyle]. *Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir* 1991;15(1):51-7.
 103. Eckelt U, Hlawitschka M. Clinical and radiological evaluation following surgical treatment of condylar neck fractures with lag screws. *J Craniomaxillofac Surg* 1999;27(4):235-42.
 104. Singh V, Kumar I, Bhagol A. Comparative evaluation of 2.0-mm locking plate system vs 2.0-mm nonlocking plate system for mandibular fracture: a prospective randomized study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2011;40(4):372-7.
 105. Meyer C, Martin E, Kahn JL, Zink S. Development and biomechanical testing of a new osteosynthesis plate (TCP) designed to stabilize mandibular condyle fractures. *J Craniomaxillofac Surg* 2007;35(2):84-90.
 106. Haug RH, Peterson GP, Goltz M. A biomechanical evaluation of mandibular condyle fracture plating techniques. *J Oral Maxillofac Surg* 2002;60(1):73-80; discussion 80-1.

107. Meyer C, Serhir L, Boutemi P. Experimental evaluation of three osteosynthesis devices used for stabilizing condylar fractures of the mandible. *J Craniomaxillofac Surg* 2006;34(3):173-81.
108. Hammer B, Schier P, Prein J. Osteosynthesis of condylar neck fractures: a review of 30 patients. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1997;35(4):288-91.
109. Ziccardi VB, Schneider RE, Kummer FJ. Wurzburg lag screw plate versus four-hole miniplate for the treatment of condylar process fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 1997;55(6):602-7; discussion 08-9.
110. Lauer G, Pradel W, Schneider M, Eckelt U. A new 3-dimensional plate for transoral endoscopic-assisted osteosynthesis of condylar neck fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65(5):964-71.
111. Lauer G, Pradel W, Leonhardt H, Loukota R, Eckelt U. Resorbable triangular plate for osteosynthesis of fractures of the condylar neck. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2010;48(7):532-5.
112. Lauer G, Haim D, Proff P, Richter G, Pradel W, Fanghanel J, et al. Plate osteosynthesis of the mandibular condyle. *Ann Anat* 2007;189(4):412-7.
113. Laughlin RM, Block MS, Wilk R, Malloy RB, Kent JN. Resorbable plates for the fixation of mandibular fractures: a prospective study. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65(1):89-96.
114. Baker S, Dayan J. Principles of Fixation for Maxillofacial Trauma. In: Fonseca R, editor. *Oral and Maxillofacial Trauma*. Missouri: Elsevier Saunders; 2005. p. 1131-70.

115. Kellman R. compression plating (compression osteosynthesis) of mandible fractures. *Operative Techniques In Otolaryngology-Head And Neck Surgery* 1995;6(2):80-85.
116. Schortinghuis J, Bos RR, Vissink A. Complications of internal fixation of maxillofacial fractures with microplates. *J Oral Maxillofac Surg* 1999;57(2):130-4; discussion 35.
117. Feller KU, Richter G, Schneider M, Eckelt U. Combination of microplate and miniplate for osteosynthesis of mandibular fractures: an experimental study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2002;31(1):78-83.
118. Ribeiro-Junior PD, Magro-Filho O, Shastri KA, Papageorge MB. In vitro evaluation of conventional and locking miniplate/screw systems for the treatment of mandibular angle fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2010;39(11):1109-14.
119. Bhatt V, Chhabra P, Dover MS. Removal of miniplates in maxillofacial surgery: a follow-up study. *J Oral Maxillofac Surg* 2005;63(6):756-60.
120. Katou F, Andoh N, Motegi K, Nagura H. Immuno-inflammatory responses in the tissue adjacent to titanium miniplates used in the treatment of mandibular fractures. *J Craniomaxillofac Surg* 1996;24(3):155-62.
121. Meningaud JP, Poupon J, Bertrand JC, Chenevier C, Galliot-Guilley M, Guilbert F. Dynamic study about metal release from titanium miniplates in maxillofacial surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2001;30(3):185-8.
122. Mazzonetto R, Paza AO, Spagnoli DB. A retrospective evaluation of rigid fixation in orthognathic surgery using a biodegradable self-reinforced (70L:30DL) polylactide. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2004;33(7):664-9.

123. Ferretti C. A prospective trial of poly-L-lactic/polyglycolic acid co-polymer plates and screws for internal fixation of mandibular fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008;37(3):242-8.
124. Landes CA, Ballon A. Indications and limitations in resorbable P(L70/30DL)LA osteosyntheses of displaced mandibular fractures in 4.5-year follow-up. *Plast Reconstr Surg* 2006;117(2):577-87; discussion 88-9.
125. Yerit KC, Enislidis G, Schopper C, Turhani D, Wanschitz F, Wagner A, et al. Fixation of mandibular fractures with biodegradable plates and screws. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;94(3):294-300.
126. Yerit KC, Hainich S, Enislidis G, Turhani D, Klug C, Wittwer G, et al. Biodegradable fixation of mandibular fractures in children: stability and early results. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;100(1):17-24.
127. Ellis E, 3rd. Complications of mandibular condyle fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1998;27(4):255-7.
128. Gerbino G, Boffano P, Tosco P, Berrone S. Long-term clinical and radiological outcomes for the surgical treatment of mandibular condylar fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67(5):1009-14.
129. Griffiths H, Townend J. Anesthesia of the inferior alveolar and lingual nerves as a complication of a fractured condylar process. *J Oral Maxillofac Surg* 1999;57(1):77-9.
130. Lindahl L, Hollender L. Condylar fractures of the mandible. II. a radiographic study of remodeling processes in the temporomandibular joint. *Int J Oral Surg* 1977;6(3):153-65.

131. Posnick JC, Wells M, Pron GE. Pediatric facial fractures: evolving patterns of treatment. *J Oral Maxillofac Surg* 1993;51(8):836-44; discussion 44-5.
132. Kaban LB, Perrott DH, Fisher K. A protocol for management of temporomandibular joint ankylosis. *J Oral Maxillofac Surg* 1990;48(11):1145-51; discussion 52.
133. O'Connell J, Murphy C, Ikeagwuani O, Adley C, Kearns G. The fate of titanium miniplates and screws used in maxillofacial surgery: a 10 year retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009;38(7):731-5.
134. Rallis G, Mourouzis C, Papakosta V, Papanastasiou G, Zachariades N. Reasons for miniplate removal following maxillofacial trauma: a 4-year study. *J Craniomaxillofac Surg* 2006;34(7):435-9.
135. Wong RC, Tideman H, Merkx MA, Jansen J, Goh SM, Liao K. Review of biomechanical models used in studying the biomechanics of reconstructed mandibles. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2010.
136. Koolstra JH, van Eijden TM. The jaw open-close movements predicted by biomechanical modelling. *J Biomech* 1997;30(9):943-50.
137. dos Santos JD, Jr., de Rijk WG. Vectorial analysis of the equilibrium of forces transmitted to TMJ and occlusal biteplane splints. *J Oral Rehabil* 1995;22(4):301-10.
138. Koolstra JH, van Eijden TM, Weijs WA, Naeije M. A three-dimensional mathematical model of the human masticatory system predicting maximum possible bite forces. *J Biomech* 1988;21(7):563-76.

139. Talwar RM, Ellis E, 3rd, Throckmorton GS. Adaptations of the masticatory system after bilateral fractures of the mandibular condylar process. *J Oral Maxillofac Surg* 1998;56(4):430-9.
140. Seemann R, Schicho K, Reichwein A, Eisenmenger G, Ewers R, Wagner A. Clinical evaluation of mechanically optimized plates for the treatment of condylar process fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;104(6):e1-4.
141. Bredbenner TL, Haug RH. Substitutes for human cadaveric bone in maxillofacial rigid fixation research. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000;90(5):574-80.
142. Schneider M, Eckelt U, Reitemeier B, Meissner H, Richter G, Loukota R, et al. Stability of fixation of diacapitular fractures of the mandibular condylar process by ultrasound-aided resorbable pins (SonicWeld Rx((R)) System) in pigs. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2010.
143. Chiodo TA, Ziccardi VB, Janal M, Sabitini C. Failure strength of 2.0 locking versus 2.0 conventional Synthes mandibular plates: A laboratory model. *J Oral Maxillofac Surg* 2006;64(10):1475-9.
144. Haug RH, Barber JE, Punjabi AP. An in vitro comparison of the effect of number and pattern of positional screws on load resistance. *J Oral Maxillofac Surg* 1999;57(3):300-8; discussion 08-9.
145. Cilasun U, Uckan S, Dolanmaz D, Saglam H. Immediate mechanical stability of sagittal split ramus osteotomy fixed with resorbable compared with titanium bicortical screws in mandibles of sheep. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2006;44(6):534-7.

146. Esen A, Ataoglu H, Gemi L. Comparison of stability of titanium and absorbable plate and screw fixation for mandibular angle fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106(6):806-11.
147. Bos RR, Rozema FR, Boering G, Nijenhuis AJ, Pennings AJ, Jansen HW. Bone-plates and screws of bioabsorbable poly (L-lactide)--an animal pilot study. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1989;27(6):467-76.
148. Bosanquet AG, Goss AN. The sheep as a model for temporomandibular joint surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1987;16(5):600-3.
149. Breul R. Biomechanical analysis of stress distribution in the temporomandibular joint. *Ann Anat* 2007;189(4):329-35.
150. Throckmorton GS, Dechow PC. In vitro strain measurements in the condylar process of the human mandible. *Arch Oral Biol* 1994;39(10):853-67.
151. Meyer C, Kahn JL, Boutemi P, Wilk A. Photoelastic analysis of bone deformation in the region of the mandibular condyle during mastication. *J Craniomaxillofac Surg* 2002;30(3):160-9.
152. Shetty V, Freymiller E, McBrearty D, Caputo AA. Functional stability of sagittal split ramus osteotomies: effects of positional screw size and placement configuration. *J Oral Maxillofac Surg* 1996;54(5):601-9: discussion 09-10.
153. Hyde N, Manisali M, Aghabeigi B, Sneddon K, Newman L. The role of open reduction and internal fixation in unilateral fractures of the mandibular condyle: a prospective study. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2002;40(1):19-22.
154. Iizuka T, Lindqvist C, Hallikainen D, Mikkonen P, Paukku P. Severe bone resorption and osteoarthritis after miniplate fixation of high condylar fractures. *A*

- clinical and radiologic study of thirteen patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991;72(4):400-7.
155. Klotch DW, Lundy LB. Condylar neck fractures of the mandible. *Otolaryngol Clin North Am* 1991;24(1):181-94.
 156. Sargent LA, Green JF, Jr. Plate and screw fixation of selected condylar fractures of the mandible. *Ann Plast Surg* 1992;28(3):235-41.
 157. Sugiura T, Yamamoto K, Murakami K, Sugimura M. A comparative evaluation of osteosynthesis with lag screws, miniplates, or Kirschner wires for mandibular condylar process fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 2001;59(10):1161-8; discussion 69-70.
 158. Rallis G, Mourouzis C, Ainatzoglou M, Mezitis M, Zachariades N. Plate osteosynthesis of condylar fractures: a retrospective study of 45 patients. *Quintessence Int* 2003;34(1):45-9.
 159. Shinohara EH, Martini MZ. 'Double barrel' 2.0mm mini-plates to fix fractures of the neck of the mandibular condyle. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2006;44(2):166.
 160. Meyer C, Zink S, Chatelain B, Wilk A. Clinical experience with osteosynthesis of subcondylar fractures of the mandible using TCP plates. *J Craniomaxillofac Surg* 2008;36(5):260-8.
 161. Alpert B, Gutwald R, Schmelzeisen R. New innovations in craniomaxillofacial fixation: the 2.0 lock system. *Keio J Med* 2003;52(2):120-7.
 162. Herford AS, Ellis E, 3rd. Use of a locking reconstruction bone plate/screw system for mandibular surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 1998;56(11):1261-5.

163. Haug RH, Street CC, Goltz M. Does plate adaptation affect stability? A biomechanical comparison of locking and nonlocking plates. *J Oral Maxillofac Surg* 2002;60(11):1319-26.
164. Chritah A, Lazow SK, Berger JR. Transoral 2.0-mm locking miniplate fixation of mandibular fractures plus 1 week of maxillomandibular fixation: a prospective study. *J Oral Maxillofac Surg* 2005;63(12):1737-41.
165. Ellis E. A biomechanical evaluation of mandibular condyle fracture plating techniques. Discussion. *J Oral Maxillofac Surg* 2002;60:80-81.
166. Takenoshita Y, Ishibashi H, Oka M. Comparison of functional recovery after nonsurgical and surgical treatment of condylar fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 1990;48(11):1191-5.
167. Quereshy FA, Goldstein JA, Goldberg JS, Beg Z. The efficacy of bioresorbable fixation in the repair of mandibular fractures: an animal study. *J Oral Maxillofac Surg* 2000;58(11):1263-9.
168. Bergsma EJ, Rozema FR, Bos RR, de Bruijn WC. Foreign body reactions to resorbable poly(L-lactide) bone plates and screws used for the fixation of unstable zygomatic fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 1993;51(6):666-70.
169. Ylikontiola L, Sundqvist K, Sandor GK, Tormala P, Ashammakhi N. Self-reinforced bioresorbable poly-L/DL-lactide [SR-P(L/DL)LA] 70/30 miniplates and miniscrews are reliable for fixation of anterior mandibular fractures: a pilot study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004;97(3):312-7.
170. Bos RR, Rozema FR, Boering G, Nijenhuis AJ, Pennings AJ, Verwey AB. Bioabsorbable plates and screws for internal fixation of mandibular fractures. A study in six dogs. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1989;18(6):365-9.

171. Chacon GE, Dillard FM, Clelland N, Rashid R. Comparison of strains produced by titanium and poly D, L-lactide Acid plating systems to in vitro forces. *J Oral Maxillofac Surg* 2005;63(7):968-72.
172. Maurer P, Holweg S, Knoll WD, Schubert J. Study by finite element method of the mechanical stress of selected biodegradable osteosynthesis screws in sagittal ramus osteotomy. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2002;40(1):76-83.
173. Bayram B, Araz K, Uckan S, Balcik C. Comparison of fixation stability of resorbable versus titanium plate and screws in mandibular angle fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67(8):1644-8.