

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
AĞIZ, DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ
ANABİLİM DALI

**MANDİBULA ANGULUS KIRIKLARININ FİKSASYONUNDA
UYGULANAN MODİFİYE MİNİ PLAK SİSTEMLERİN
STABİLİTESİNİN BİYOMEKANİK OLARAK İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Dt. Muhsin ÖZDEMİR

**Samsun
Mart-2014**

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
AĞIZ, DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ
ANABİLİM DALI

**MANDİBULA ANGULUS KIRIKLARININ FİKSASYONUNDA
UYGULANAN MODİFİYE MİNİ PLAK SİSTEMLERİN
STABİLİTESİNİN BİYOMEKANİK OLARAK İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Dt. Muhsin ÖZDEMİR

**Danışman
Doç. Dr. İsmail ŞENER**

**Samsun
Mart-2014**

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Dt. Muhsin ÖZDEMİR tarafından Doç. Dr. İsmail ŞENER Danışmanlığında hazırlanan Mandibula Angulus Kırıklarının Fiksasyonunda Uygulanan Modifiye Mini Plak Sistemlerin Stabilitesinin Biyomekanik Olarak İncelenmesi başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından 07/03/2014 tarihinde yapılan sınav ile Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalında DOKTORA Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :
(Unvanı, Adı Soyadı, Üniversite)

Üye :
(Unvanı, Adı Soyadı, Üniversite)

Üye :
(Unvanı, Adı Soyadı, Üniversite)

Üye :
(Unvanı, Adı Soyadı, Üniversite)

Üye :
(Unvanı, Adı Soyadı, Üniversite)

ONAY:

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

.... / /.....

Prof. Dr. Süleyman KAPLAN
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince değerli bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren, ideallerimi gerçekleştirme konusunda ufkumu açan, tezimin her aşamasında desteğini benden esirgemeyen ve her konuda yardımcı olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. İsmail Şener'e,

Çalışmam süresince verdikleri önerilerle yardımlarını benden esirgemeyen, yoğun çalışma tempolarına rağmen tezimi gerçekleştirmemde emekleri olan tez jürimdeki sayın hocalarım Prof. Dr. Selim Arıcı ve Doç. Dr. Nilüfer Özkan'a,

Doktora eğitimim süresince gösterdiği anlayıştan ötürü Anabilim Dalı Başkanımız Sayın Prof. Dr. Nergiz YILMAZ'a,

Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalında geçirdiğim süre içinde beraber çalıştığım, bana destek olan tüm öğretim üyeleri, özellikle Doç. Dr. Mehmet Cihan Bereket ve çalışma arkadaşlarıma,

Tez çalışmamın gerçekleştirilebilmesi için destek sağlayan Ondokuz Mayıs Üniversitesi Rektörlüğüne ve Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Üyelerine (proje no: PYO. DIS.1904.13.005),

Tez verilerimin istatistiksel olarak incelenmesinde yardımcı olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Naci MURAT'a,

Hayatımın her anında yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini hiç çekinmeden seferber eden ve bu günlere gelmemi sağlayan anneme, babama ve abime,

İyi günde ve kötü günde her zaman yanımda olan sevgili eşim, hayat arkadaşım Fatma Özdemir'e,

Ve tezimde emeği geçen herkese tüm içtenliğimle

TEŞEKKÜR EDERİM

ÖZET

MANDİBULA ANGULUS KIRIKLARININ FİKSASYONUNDA UYGULANAN MODİFİYE MİNİ PLAK SİSTEMLERİN STABİLİTESİNİN BİYOMEKANİK OLARAK İNCELENMESİ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, mandibula angulus kırıklarında kullanılabilen modifiye mini plak sistemlerin fiksasyon stabilitesini üç boyutlu test modeliyle test ederek bu bölgede kullanılabilen en güvenilir ve kullanışlı mini plak sistemini bulmaktır.

Materyal ve Metot: 42 adet poliüretan mandibula modeli rastgele altı gruba ayrıldı ve mandibula angulus bölgesinde kırık hattı oluşturuldu. Kırık fiksasyonunu sağlamak için tüm modellerde özel üretim 316-L paslanmaz çelik mini plaklar kullanıldı. Birinci gruba dört delikli düz mini plak, ikinci gruba iki adet dört delikli düz mini plak, üçüncü gruba dört delikli Z şeklinde mini plak, dördüncü gruba dört delikli X şeklinde mini plak, beşinci gruba sekiz delikli mini plak, altıncı gruba sekiz delikli üç boyutlu mini plak uygulandı. Tüm modellerde 2,0 mm çapında 8 mm uzunluğunda titanyum mini vidalar ile fiksasyon sağlandı. Mandibula modellerine çeneyi kapatan kasların kuvvet yönü vektörlerinin bileşkesi doğrultusunda 4 mm deplasman oluncaya kadar çekme kuvveti uygulandı. Uygulanan kuvvet değerleri 2 mm ve 4 mm deplasman oluştuğunda özel bir yazılımla dijital olarak kaydedildi. Sonuçların değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi kullanıldı.

Bulgular: Verilerin analizi sonucunda 2 mm deplasmanda Grup 6'da oluşan kuvvet değerleri Grup 1 ve Grup 4'ten anlamlı derecede yüksek bulundu ($p<0,05$). 4 mm deplasmanda Grup 6'da oluşan kuvvet değerleri Grup 1, 2, 4 ve 5'ten anlamlı derecede yüksek bulunmasına rağmen ($p<0,05$), Grup 3 ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0,05$).

Sonuç: Bu in vitro çalışmada mandibula angulus kırıklarının fiksasyonunda kullanılabilen en güvenilir ve kullanışlı mini plağın Z şeklindeki mini plak olduğu görüldü.

Anahtar kelimeler: Biyomekanik; internal fiksasyon; mandibula angulus kırığı; mini plak

Muhsin ÖZDEMİR, Doktora Tezi
Ondokuz Mayıs Üniversitesi - Samsun, Mart-2014

ABSTRACT

BIOMECHANICAL STABILTY EXAMINATION OF MODIFIED MINI PLATE SYSTEMS APPLIED IN FIXATION OF MANDIBULAR ANGLE FRACTURES

Aim: The aim of this study is to find the most reliable and convenient mini plate system that can be used in mandibular angle fractures by testing the fixation stability of modified mini plate systems that can be used in these fractures with three-dimensional test model.

Material and Method: 42 polyurethane mandible models were randomly divided into six groups and fracture line was performed in the mandibular angle region. Private designed miniplates made from 316-L stainless steel were used to ensure the fixation of fractures in all models. In the first group, a single straight four-hole miniplate, in the second group two straight four-hole miniplate, in the third group four-hole Z style miniplate, in the fourth group four-hole X style miniplate, in the fifth group eight-hole miniplate, in the sixth group eight-hole three dimensional miniplate were used. All models were fixed with 2.0 in diameter and 8 mm in length titanium screws. Force values occuring at 2 and 4mm displacement were recorded digitally by special software. One-way ANOVA was used for evaluation of results.

Results: As a result of data analysis, at 2 mm displacement force value in Group 6 was significantly higher than Group 1 and 4 ($p<0.05$). At 4 mm displacement, force value in Group 6 was significantly higher than Group 1, 2, 4, 5 ($p<0.05$) but was not statistically significant difference from Group 3 ($p>0.05$).

Conclusions: In this in vitro study, Z style miniplate was found the most reliable and convenient mini plate system that can be used in mandibular angle fractures.

Keywords: Biomechanics; internal fixation; mandibular angle fracture; miniplate

Muhsin ÖZDEMİR, PhD Thesis
Ondokuz Mayıs University Samsun, March-2014

SİMGELER VE KISALTMALAR

°	: Derece
%	: Yüzde
<	: Küçüktür
>	: Büyüktür
3D	: Üç Boyutlu
AO/ASIF	: Arbeitsgemeinschaft Für Osteosynthes / Association For The Study Of Internal Fixation
ark.	: Arkadaşları
cm	: Santimetre
cm ²	: Santimetrekaire
İAS	: İnférieur Alveoler Sinir
İMF	: İntermaksiller Fiksasyon
kg	: Kilogram
M	: Cismin Kütlesi
MAK	: Mandibula Angulus Kırığı
mm	: Milimetre
MÖ	: Milattan Önce
N	: Newton (Kuvvet birimi)
RİF	: Rijit İnternal Fiksasyon
TME	: Temporomandibular Eklem
V	: Cismin Hızı

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Maksillofasiyal Kırıklar	3
2.2. Kırıkların Sınıflandırılması	4
2.2.1. Etiyolojisine Göre.....	4
2.2.2. Kemiğin Devamlılığına Göre	4
2.2.3. Kırığın Dış Ortamla İlişkisine Göre.....	5
2.2.4. Kırık Özelliğine Göre	5
2.2.5. Kırık Tiplerine Göre	5
2.2.6. Kas Aktivitelerinin Kırık Parçalarla Olan İlişkisine Göre	5
2.2.7. Dişlerin Varlığına Göre.....	6
2.3. Mandibula Kırıklarının Tarihçesi	6
2.4. Mandibula Kırıklarının Lokalizasyonu.....	11
2.5. Mandibula Angulus Kırıklarının İnsidansı, Etiyolojisi ve Demografisi	13
2.6. Mandibula Angulus Kırıklarında Uygulanan Tedavi Yöntemleri	16
2.6.1. Kapalı Redüksiyon veya İntraoral Non-Rijit Açık Redüksiyon	18
2.6.2. AO/ASIF Rekonstrüksiyon Plakları ile İnternal Fiksasyon.....	20
2.6.3. Lag Vidaları ile Fiksasyon	21
2.6.4. AO/ASIF Kompresyon Plakları Kullanılarak Yapılan İnternal Fiksasyon ...	22
2.6.5. İki Adet Kompresyonsuz Mini Plak Kullanılarak Yapılan İnternal Fiksasyon.....	24
2.6.6. Bir Adet Kompresyonsuz Mini Plak Kullanılarak Yapılan İnternal Fiksasyon (Champy Yöntemi)	26
2.6.7. Üç Boyutlu Plak Kullanılarak Yapılan İnternal Fiksasyon.....	30
2.7. Kırıklarda Kemik İyileşmesi	32
2.7.1. İnflamasyon Fazı (Hematom Fazı)	32

2.7.2. Tamir Fazı (Granülasyon ve Kallus Oluşumu Fazı)	32
2.7.3. Yeniden Şekillenme Fazı (Remodelasyon Fazı)	33
2.8. Biyomekanik	33
2.8.1 Kırık Biyomekaniği	35
3. MATERYAL VE METOT	38
3.1. İstatistiksel Analiz	44
4. BULGULAR	45
5. TARTIŞMA	49
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	62
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	76

1. GİRİŞ

Mandibula kırıkları fasiyal bölgede görülen tüm kırıkların %19-40'ını oluşturmaktadır. Mandibula angulus bölgesi ise mandibulada kırığın en fazla görüldüğü bölgelerden biridir (Wittenberg ve ark., 1997; Chrcanovic, 2012). Bu bölge mandibulanın dişli ve dişsiz kısımları arasında bir geçiş bölgesi olması, üstte kalın altta ise ince bir kemik yapısına sahip olması ve sıklıkla bu bölgede üçüncü molar dişlerin yer alması nedeniyle mandibulanın diğer anatomik bölgelerinden farklılık göstermektedir (Kelly ve Harrigan, 1975; Assael, 1994).

Mandibula angulus kırıkları (MAK) mandibula kırıkları içerisinde en yüksek komplikasyon oranına sahiptir. Bunun nedeni olarak bu bölgede çekme kuvveti yüksek olan çiğneme kaslarının bulunması ve bölgeye cerrahi ulaşımın zor olması gösterilmektedir (Saito ve Murr, 2008).

Kırık fiksasyonunda bandaj ve ekstraoral aygıt uygulamaları, splintler, telle dişleri bağlama, braketler, sirkumferansiyel telleme, transosseöz bağlama, intermaksiller fiksasyon (İMF), plak ve vida uygulamaları gibi birçok farklı yöntem kullanılmaktadır (Allan ve Daly, 1990; Brown ve ark., 1991). Günümüzde mandibula kırıklarının tedavisinde plak ve vidaların kullanımı standart bir yaklaşım haline gelmiştir.

Literatürde MAK'ın plak ve vida fiksasyonu ile tedavisinde iki temel görüş bulunmaktadır. Arbeitsgemeinschaft für osteosynthesefragen / Association for the study of internal fixation (AO/ASIF) cerrahları ve Luhr mandibulanın aktif hareketi sırasında fragmanlar arasında meydana gelebilecek mobilitiyi engellemek amacıyla plak ve vidaların yeterli derecede rijit bir fiksasyon sağlaması gerektiğini düşünmekteyken, diğer grup ise Michelet'in mandibula kırıklarının tedavisi için tanımladığı küçük, kolayca bükülebilen, kompresyonsuz kemik plaklarını transoral olarak monokortikal vidalar ile yerleştirmeyi savunmaktadır (Spiessl, 1976; Luhr, 1982; Spiessl, 1989).

Modern mini plakların prototipi olan küçük, kolay bükülebilen, kompresyonsuz kemik plakların monokortikal vidalar ile uygulanması ilk kez Michelet ve ark. tarafından bildirilmiştir (Michelet ve ark., 1973). Champy ve ark. (1978), ilerleyen yıllarda bu mini plakların mandibulaya yerleştirilmesinde rehber alınabilecek "osteosentez için ideal çizgi" alanını tarif etmişler ve mandibula angulus bölgesine mini plak yerleştirilmesinde uygulanabilecek teknikleri de bildirmişlerdir (Chrcanovic, 2012). Literatürde birçok araştırmacı tarafından MAK'da kullanılan Champy tekniği

düşük komplikasyon oranına sahip bir tedavi metodu olarak bildirilmesine rağmen, kırık bölgesinde mandibulanın inferior kısmında açılma olması, inferior kısımdaki fragmanların laterale deplase olması ve posterior açıklık oluşması gibi komplikasyonları da bildirilmiştir (Vineeth ve ark., 2013).

Farmand ve ark. (1992), üç boyutlu (3D) plakları iki dört delikli plağın birbirine barlarla bağlanması şeklinde tanımlamasıyla birlikte MAK tedavisinde bu plaklar da kullanılmaya başlanmıştır. Monokortikal vidalarla uygulanan 3D plakların MAK'da düşük komplikasyon oranına sahip olduğu ve konvansiyonel mini plaklara alternatif olabileceği bildirilmiştir (Feledy ve ark., 2004; Guimond ve ark., 2005; Zix ve ark., 2007; Bui ve ark., 2009).

Günümüzde bilimsel ve teknolojik gelişmelere paralel olarak fiksasyon sistemleri (plak ve vida sistemleri) halen değişim ve gelişim göstermekte ve bu sistemler üzerinde, çeşitli biyomekanik özellikler, materyaller, boyutlar, şekiller ve bu sistemlerin uygulama protokollerini de içeren birçok deneysel ve klinik çalışma yapılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı MAK fiksasyonunda uygulanan modifiye mini plak sistemlerin stabilitesini biyomekanik olarak karşılaştırarak en ideal mini plak sistemini bulmaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Maksillofasiyal Kırıklar

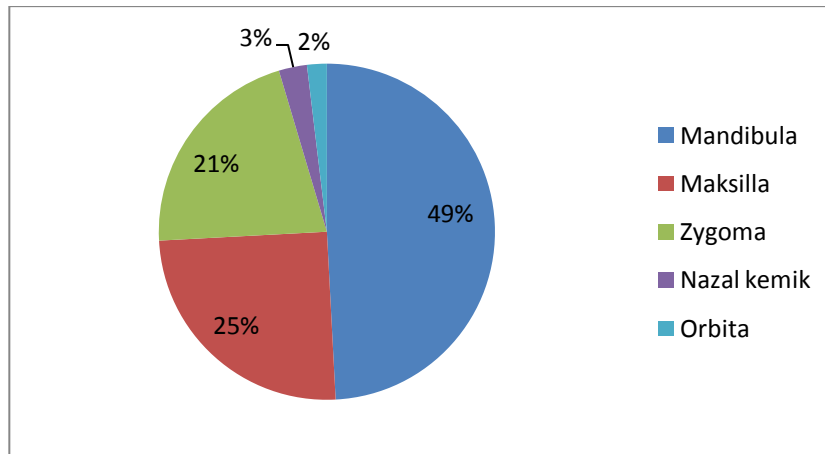
Kırık, travma sonucu ya da bir patoloji nedeniyle tam veya kısmen kemik bütünlüğünün ve devamlılığının kaybedilmesi olarak tarif edilmektedir.

Maksillofasiyal bölge kırıklarının meydana gelmesinde öncelikle etkili olan faktörler:

- Etki eden kuvvetin derecesi ve yönü
- Travma etkeninin kesit alanının büyüklüğü
- Kuvvetin etki ettiği bölgenin anatomisi
- Kemiklerin kuvvete karşı gösterdiği direnç ve kafanın duruş pozisyonu
- Özellikle alt çenede etkili olmak üzere kas yapışıklıklarıdır.

Yukarıda bahsedilen faktörlerin etki derecelerine göre kemikteki hasar ufak bir çatlaktan, bir veya birçok kemiğin kırılmasına, hatta komşu eklemlerde dislokasyon oluşmasına kadar farklılık gösterebilmektedir (Haug ve ark., 1990; Haerle ve Champy, 2009).

Maksillofasiyal bölgede yer alan kemiklerde görülen kırık insidansında bölgenin coğrafyası, sosyoekonomik durumu, alkol ve madde bağımlılığı, trafik kazaları ve iklim gibi birçok faktör etkili olmasına rağmen, mandibula konumu ve anatomisi nedeniyle bu bölgede meydana gelen kırıklar arasında en sık kırılan kemiktir. Mandibulayı sırayla maksilla, zigoma, nazal kemik ve orbita izlemektedir (Naveen Shankar ve ark., 2012) (Şekil 1).



Şekil 1. Maksillofasiyal bölgede görülen kırık dağılımı

2.2. Kırıkların Sınıflandırılması

Maksillofasiyal kırıklar, kırığın etiyojisi, kemiğin devamlılığı, kırık fragmanların dış ortama ilişkisi, kırığın özelliği, kırığın yönü ve mekanizması ile kas aktivitelerinin kırık parçalarla olan ilişkisi gibi birçok faktöre göre sınıflandırılmaktadır (Çetingül, 2002; Miloro ve ark., 2004).

2.2.1. Etiyojisine Göre

- A. Travmatik kırıklar
 - I. Direkt
 - II. İndirekt
- B. Patolojik kırıklar
 - I. Lokal kemik bozuklukları
 - a. Enfeksiyonlar
 - b. Kistler
 - c. Tümörler
 - d. Radyum ve X ışınları
 - II. Genel kemik bozuklukları
 - a. İntoksikasyonlar
 - b. Raşitizm
 - c. Osteomalazi
 - d. Osteoporoz
 - e. Osteopetroz

2.2.2. Kemiğin Devamlılığına Göre

- A. Tam kırıklar
 - I. Dislokasyonlu kırıklar
 - II. Dislokasyonsuz kırıklar
- B. Tam olmayan kırıklar
 - I. Fissürler
 - II. Çökme kırığı
 - III. Kompresyon kırığı
 - IV. Epifiz ayrılması

2.2.3. Kırığın Dış Ortamla İlişkisine Göre

- A. Açık kırıklar
- B. Kapalı kırıklar

2.2.4. Kırık Özelliğine Göre

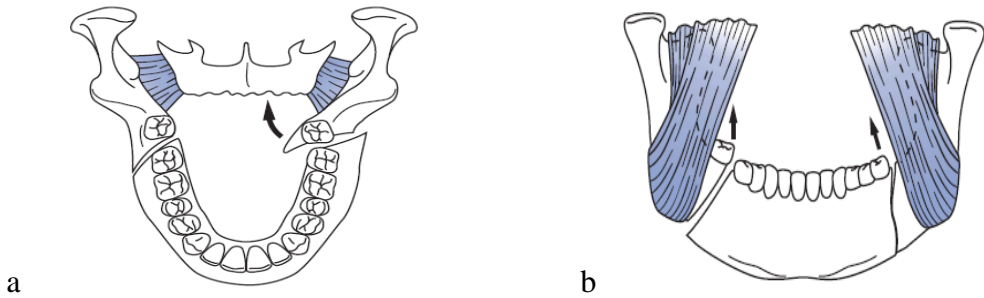
- A. Basit kırıklar
- B. Yeşil ağaç kırıkları
- C. Kompleks kırıklar
- D. Parçalı kırıklar

2.2.5. Kırık Tiplerine Göre

- A. Kırık çizgisinin yönüne göre
 - I. Uzunlamasına kırıklar
 - II. Enine kırıklar
 - III. Oblik kırıklar
 - IV. Parçalı kırıklar
 - V. Defektli kırıklar
- B. Kırık mekanizmasına göre
 - I. Fleksiyon (Bükülme, Eğilme) kırıkları
 - II. Kompresyon (Basınç) kırıkları
 - III. Traksiyon (Çekme) kırıkları
 - IV. Torsiyon (Burkulma) kırıkları
 - V. Kesme kırıkları
 - VI. Ateşli Silahla Oluşan kırıklar

2.2.6. Kas Aktivitelerinin Kırık Parçaları Olan İlişkisine Göre

- A. Vertikal uygun olan ve olmayan kırıklar (Şekil 2a)
- B. Horizontal uygun olan ve olmayan kırıklar (Şekil 2b)



Şekil 2. a. Vertikal, solda uygun sağda uygun olmayan kırık b. Horizontal, solda uygun olmayan sağda uygun olan kırık (Miloró'dan, 2004)

2.2.7. Dişlerin Varlığına Göre

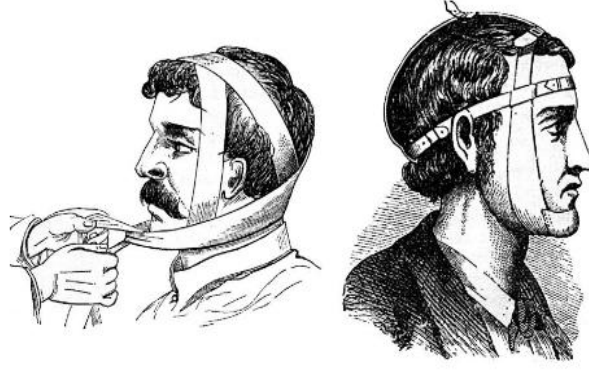
- A. Sınıf I (Kırık hattının her iki tarafında da dişler var)
- B. Sınıf II (Kırık hattının sadece bir tarafında dişler var)
- C. Sınıf III (Kırık hattının her iki tarafı da dişsiz)

2.3. Mandibula Kırıklarının Tarihçesi

Günümüze kadar mandibula kırıklarının teşhis ve tedavileri farklı araştırmacılar tarafından farklı metotlarla yapılmıştır. Kırıkların tedavisiyle ilgili ilk belgeler 1862 yılında Luxor’da bulunmuş olan “Edwin Smith Papyrus’u” milattan önce (MÖ) 1700 yılına ait olup medikal ve cerrahi bilgiler içeren en eski yazılı belge olma niteliğini taşımaktadır. Bu papyrus’ta kapalı kırıkların tahta şineler ve bandajlarla tedavi edildiği fakat açık kırıkların tedavisinin mümkün olmadığı anlatılmaktadır (Çetingül, 2002). Bu bölge kırıklarının teşhis ve tedavisi ile ilgili MÖ 1650 yıllarında Mısır’da yazılmış bir yazıda da, mandibula kırığı saptanan bir hastanın tedavi edilemediği için öldüğü bildirilmektedir. Hipokrat MÖ 400’lü yıllarda kırık segmentlerin redüksiyonunu ve immobilizasyonunu tarif etmiştir. Kırık parçaları el yardımı ile redükte ederek kırığa komşu dişlerin çevresinden keten ip veya altın tel geçirerek bağlama yapıldığında kırık parçaların birbirlerine yaklaşacağını ve immobilizasyonun sağlanacağını bildirmiştir. Kırık parçaların immobilizasyonunu sağlamak için intraoral sabitlemeyle birlikte ekstra oral deri bandajları kullanılmasını da tavsiye etmiştir. Bandajlar halen günümüzde Barel bandajı olarak kullanılmaktadır. Hipokrat’ın bu tekniği Roma döneminde de uygulanmış ve işlem sonrasında hastalara konuşmaması, yara bölgesini şarap ve yağ ile ovması ve sadece sıvı yiyecekler ile beslenmesi önerilmiştir (Mukerji ve ark., 2006).

Oklüzyonun öneminden ilk kez 1180 yılında İtalya’da yayınlanan bir yazıda bahsedilmiştir (Brophy, 1915; Fonseca ve ark., 1997). Maksillomandibular fiksasyon tanımı ise ilk kez 1492 yılında yapılmıştır (Fonseca ve ark., 1997).

1700’lü yılların başlarında mandibula kırıkları “berber cerrah” olarak isimlendirilen kişiler tarafından tedavi edilmiştir. Kırık parçalar elle düzeltildikten sonra kırık hattına komşu dişlerden ligatürle sabitlenip çene altı ve baş üstünden geçen çeşitli şekillerdeki bandajlarla sabitlenmiştir (Mukerji ve ark., 2006) (Şekil 3).



Şekil 3. Farklı bandaj uygulamaları (Mukerji ve ark.'dan, 2006)

18. yüzyılda ise Piere Fauchard modern tıptaki gelişmelerle beraber oral anatomi, fonksiyon, operatif ve restoratif tekniklerde önemli buluşlara imza atmış, 1728'de uygulaması kolay olan ligatür ve bandaj tekniklerini tarif etmiştir.

1743'de Bunon, Fauchard'ın tarif ettiği basit ligatürün kırık parçaların rijit pozisyonda etkili olmadığını düşünerek fildişinden bir bloğu alt çenedeki dişlere bağlayarak bu bloğu dental splint olarak kullanmıştır (Mukerji ve ark., 2006).

1779'da Chopart ve Desault oklüzal plağı çenenin altına eksternal bir vida ile sabitleyerek yeni bir dental splint tarif etmiştir (Şekil 4). Rutenick de bu splintin daha stabil olması için plağı kafada bir kaska bağlamıştır (Mukerji ve ark., 2006).



Şekil 4. Chopart ve Desault'ın tanıttığı aparey (Mukerji ve ark.'dan, 2006)

19. yüzyıla gelindiğinde ise intraoral ve extraoral splintlerin daha gelişmiş modelleri olan transmandibular veya sirkummandibular tel fiksasyon teknikleri ile kırık segmentlerin stabilizasyonu sağlanmaya çalışılmıştır. 1827'de Rodgers ilk açık redüksiyon vakalarından birini yapmıştır. 1840'ların başlarında ise ilk kez Baudens

mandibula oblik kırıkların tedavisinde sirkumferansiyel tel uygulamış, 1847’de Buck bu tekniği geliştirerek tel süturları her iki kırık fragmanında oluşturduğu deliklerden geçirerek segmentleri birbirine bağlamıştır (Mukerji ve ark., 2006).

1844’te Dr. Horace Wells’in anestezi tanımlamasıyla birlikte bu buluş çene kırıklarının tedavisinde de uygulanmaya başlamıştır.

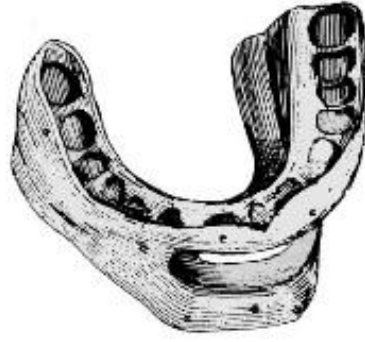
1855’te Hamilton ağız dışına uzanan, iki taraflı barları olan “kingsley” aparatını tasarlamış ve bu aparatın kırık redüksiyonu sonrası kullanılmasını önermiştir (Mukerji ve ark., 2006) (Şekil 5).



Şekil 5. Kingsley’in splinti (Mukerji ve ark.’dan, 2006)

1858’de Hayward aşırı disloke kırıklarda kullanılmak üzere kişiye özel olarak hazırlanan metal splintler geliştirmiştir. Bu tekniğin alçı model üzerinde oklüzyon ayarlaması yapılarak kırık parçaların splint içine yerleştirilmesi sonucunda ağızda etkili bir redüksiyon sağlanması gibi avantajlarının olduğu bildirilmiştir (Mukerji ve ark., 2006).

1866’da Thomas Gunning, Abraham Lincoln’ün sekreteri olan ve bilateral mandibula korpus kırığı bulunan William Seward için ön kısmında yemek yemeyi kolaylaştıracak bir boşluk bulunan “Gunning splinti” tasarlamıştır (Mukerji ve ark., 2006) (Şekil 6).

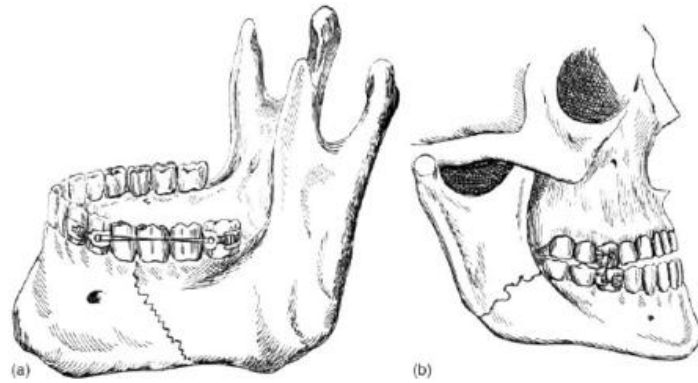


Şekil 6. Gunning splint (Mukerji ve ark.'dan, 2006)

1871'de Londra'lı bir diş hekimi olan Gurnel Hammond mandibulanın immobilizasyonu için halen günümüzde de arch bar olarak kullanılan tel ligatür splinti geliştirerek deplase olmuş segmentleri yeniden eski konumlarına getirmiş ve demir tellerle dişlere adapte etmiştir (Mukerji ve ark., 2006).

1887'de Thomas L. Gilmer, mandibular kırıklar için İMF ve arch bar kullanımını yeniden tanımlamıştır. Bu tekniğin özellikle çok parçalı kırıklarda ve atrofik mandibula kırıklarında diğer tekniklere göre daha avantajlı olduğunu bildirmiştir (Mukerji ve ark., 2006).

1890'da Dr. Angle kırık bölgesinde bulunan segmentlerin birbirine bağlanmasında yeni bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntemde kırık segmentlerin her iki tarafındaki dişlere bandlar yerleştirilmiş ve bandlar tellerle birbirine bağlanarak kırık immobilizasyonu sağlanmıştır (Mukerji ve ark., 2006) (Şekil 7).



Şekil 7. a. Angle'in aparatı, **b.** Angle'in İMF'si (Mukerji ve ark.'dan, 2006)

İlerleyen yıllarda birçok splint varyasyonu ve İMF tekniği rapor edilmiştir. 1922'de Dr. Robert H. Ivy'nin tanımladığı ve daha sonra popüler olan internal

fiksasyonun bir modifikasyonu olan “IVY loop” tekniği bu teknikler arasında en popöler olanıdır (Mukerji ve ark., 2006).

1897’de Parkhill ilk kez uzun kemiklerdeki kırıkları perkütanöz vidalama yöntemi ile tedavi etmiştir. Kirschner tellerinin mandibular kırık tedavisinde kullanılması ise ancak 1930’lu yılların ilk yarısında başlamıştır (Mukerji ve ark., 2006).

1936’da Ginestet tarafından geliştirilen “Fixateur Externe” kompleks fasiyal yaralanmaların tedavisinde 1939-1945 savaşı ve Vietnam savaşında oldukça popöler olmuştur (Hausamen, 2001) (Şekil 8).



Şekil 8. Fixateur Externe (Mukerji ve ark.’dan, 2006)

Modern travmatoloji ve kraniyomaksillofasiyal cerrahinin ilerlemesi ise osteosentezin gelişimi ile başlamıştır. Yaklaşık 100 yıl önce İngiliz cerrah Sir William Lane ilk osteosentez plağını kullanmış fakat biyolojik olarak uyumlu olmadığı için geliştirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Mukerji ve ark., 2006).

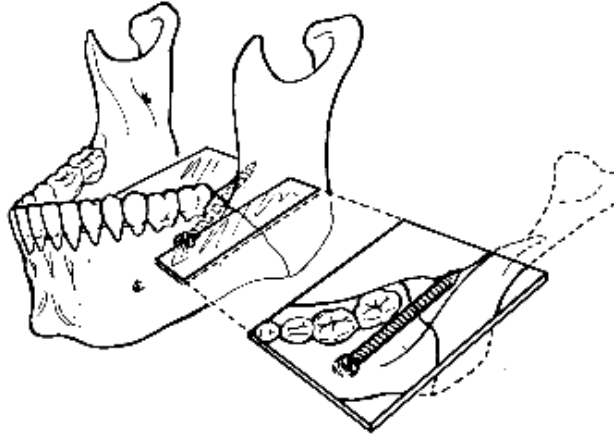
1943’te Bigelow mandibula kırıklarının tedavisinde kullanılmak üzere krom, kobalt ve molibden alaşımdan oluşan vitalyum esaslı vida ve barları tanımlamıştır (Mukerji ve ark., 2006).

Plak uygulamalarının ilki özel olarak sadece mandibulaya göre tasarlanmıştır. Mini plak osteosentezi ise ilk olarak 1973’te Michelet tarafından uygulanmış ve 1975’te Champy ve Lodde tarafından geliştirilmiştir (Michelet ve ark., 1973; Champy ve Lodde, 1976).



Şekil 9. Champy ve Lodde tarafından geliştirilen mini plaklar (Mukerji ve ark.'dan, 2006)

1974'de Spiessl iki kemik segmentini birbirine doğru yaklaştıran lag vida osteosentez tekniğini tanımlamıştır (Niederdehmann ve ark., 1976) (Şekil 10).



Şekil 10. Lag vida uygulaması (Gear ve ark.'dan, 2005)

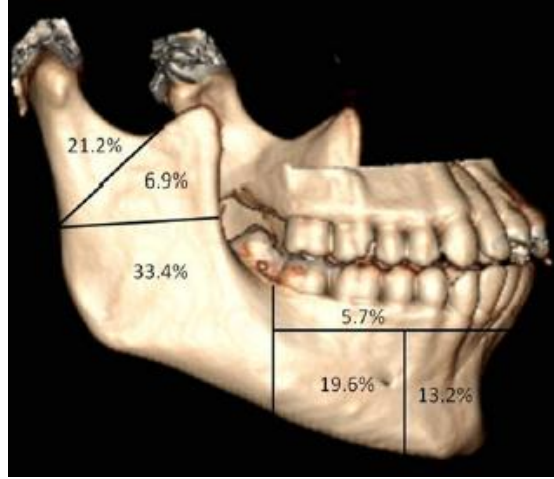
Devam eden 20 yıl içerisinde mandibula rekonstrüksiyonunda kullanılan kompresyon plaklarından, kompresyonsuz monokortikal plaklara kadar birçok plak ve vida sistemleri geliştirilmiş ve günümüzde halen uygulanmakta olan sistemlerin sonuçları tartışılmaktadır.

2.4. Mandibula Kırıklarının Lokalizasyonu

Mandibula kırıkları kırığın bulunduğu anatomik bölgeye göre orta hat, simfiz veya parasimfiz, korpus, angulus, ramus, kondiler bölge, koronoid bölge ve alveoler bölge kırıkları olarak sınıflandırılmaktadır (Dingman ve Natvig, 1964). Mandibula kırıklarının lokalizasyonlara göre dağılımını inceleyen araştırmalarda kırığın en fazla görüldüğü bölgelerden biri olarak angulus bölgesi gösterilmektedir (Rix ve ark., 1991; Smith, 1991; Safdar ve Meehan, 1995; Schierle ve ark., 1997).

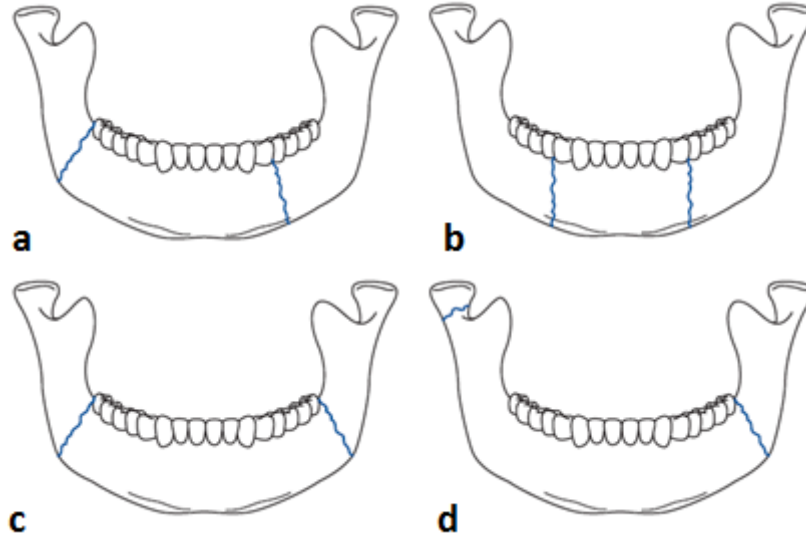
Rashid ve ark. (1994), mandibula kırığı üzerinde yapmış oldukları klinik çalışmalarında MAK'ın %30'luk oranla en fazla görülen kırık tipi olduğunu bildirmişlerdir. Angulus bölgesini %27 oranla parasimfiz ve kondil kırıkları takip etmektedir (Rashid ve ark., 2013). Iida ve ark. (2001), 1502 maksillofasiyal travma geçirmiş hasta üzerinde yaptıkları çalışmada MAK'ın %21,7 oranında görüldüğünü bildirmişlerdir. Olson ve ark. (1982), kavga ve şiddet sonucu oluşan kırıkların, %33,3 angulus, %23,4 subkondiler, %19,4 korpus, %16 simfiz ve %4,1 alveolar bölgede meydana geldiğini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada hastaların büyük kısmının 10-19 yaş aralığında bulunduğu ve spor kazalarından en çok angulus ve kondil bölgelerinin etkilendiği belirtilmiştir. Ellis ve ark. (1985), mandibular fraktürlü 3462 hastada yaptıkları araştırmada fraktürlerin %33 korpus, %29 kondil, %23 angulus, %8,4 simfiz ve %1,4 alveolar bölgede oluştuğunu, angulus bölgesi fraktürlerinin ise 12 ile 29 yaş aralığında daha sık meydana geldiğini bildirmişlerdir. Fonseca ve ark. (1997), mandibula kırıklarının lokalizasyona göre dağılımını inceleyen araştırmalarında %29 korpus, %26 kondil, %25 angulus, %17 simfiz, %4 ramus ve %1 oranında koronoid kırıklara rastlandığını bildirmişlerdir (Fonseca ve ark., 1997). Literatürde mandibula kırıklarının lokalizasyonu ile ilgili geniş kapsamlı araştırmalar incelendiğinde farklı oranlar bildirilse de, kondil, angulus ve korpus bölgelerinde kırık insidansının yüksek olduğu açıkça görülmektedir.

Birçok araştırmacı mandibula kırıklarının lokalizasyonunda etiyolojik faktörlerin de etkili olduğunu savunmaktadır. Bu araştırmacılara göre, kavgalarda en fazla angulus bölgesinde özellikle de solda, motorlu taşıt kazalarında ve çene ucuna düşmelerde ise en fazla kondil bölgesinde kırık oluşmaktadır (Olson ve ark., 1982; Fridrich ve ark., 1992; Iida ve ark., 2001). Zachar ve ark. (2013), savaş esnasında oluşan mandibula kırıklarını inceleyen araştırmalarında kırıkların %33,4 angulus, %21,2 kondil, %19,6 korpusta görüldüğünü bildirmişlerdir (Şekil 11).



Şekil 11. Mandibula kırıklarının lokalizasyonu (Zachar ve ark.'dan, 2013)

Mandibuladaki multiple kırıklar değerlendirildiğinde ise en sık karşılaşılan kırık kombinasyonunun, angulus kırığı ve karşı taraftaki korpus kırığı olduğu görülmektedir. Bu kombinasyonu sırayla bilateral korpus, bilateral angulus, kondil ve karşı taraftaki angulus kırıkları takip etmektedir (Miloró ve ark., 2004) (Şekil 12).



Şekil 12. Mandibula kırıklarında en sık görülen multiple kırık tipleri; **a.** Angulus ve karşı taraf korpus, **b.** Bilateral korpus, **c.** Bilateral angulus, **d.** Kondil ve karşı taraf angulus (Miloró ve ark.'dan, 2004)

2.5. Mandibula Angulus Kırıklarının İnsidansı, Etiyolojisi ve Demografisi

Literatürde MAK'ın etiyolojileri ve insidansı yaş, coğrafya, sosyoekonomik durum, nüfus, teknolojik ve çevresel faktörler gibi birçok etkene bağlı olarak farklılık göstermektedir (Iida ve ark., 2001; Zix ve ark., 2011).

Mandibula kırıklarının en sık görüldüğü bölge %12-42'lik oranla mandibula angulus bölgesidir (Safdar ve Meechan, 1995; Schierle ve ark., 1997). Bu bölgede kırık insidansının yüksek olmasında, bölgede üçüncü molar dişlerin bulunması, mandibulanın dişli bölgelerine göre nispeten daha ince bir kesite sahip olması ve biyomekanik olarak bu bölgenin bir kaldıraç görevi görmesi gibi anatomik faktörlerin etkili olduğu düşünülmektedir (Ellis, 1999).

Amerika'da yapılan bir çalışmada MAK %80 oranında erkek bireylerde görülmekteyken bu oranın Brezilya'da %89 oranında olduğu bildirilmiştir (Lee ve Dodson, 2000; Paza ve ark., 2008). Birçok araştırmacı MAK'ın en fazla 10 ile 30 yaş grubu arasında meydana geldiğini bildirmiştir (Ellis ve ark., 1985; Yamada ve ark., 1998a; Paza ve ark., 2008). Bu yaştaki insanlarda genellikle gömülü üçüncü molar dişlerin bulunması, bu dişlerin angulus mandibulada meydana gelen kırıklara sebep olabileceğini düşündürmüştür (Safdar ve Meechan, 1995).

Reitzik ve ark. (1978), sürmemiş üçüncü molar dişlere sahip maymun mandibulalarında yaptıkları bir çalışmada, dişsiz bölgelere uyguladıkları kuvvetin sadece %60'ını uyguladıklarında bile sürmemiş üçüncü molar dişin bulunduğu angulus bölgesinde kırık oluştuğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada üçüncü molar dişlerin angulus mandibula bölgesini zayıflattığı ve bu yüzden diğer dişsiz bölgelere göre kırık riskinin yüksek olduğu kanısını bilimsel bir delil olarak sunmuşlardır. Kasamatsu ve ark. (2003), yaptıkları klinik çalışmada MAK'ın üçüncü molar dişlere sahip olanlarda olmayanlara göre 3,5 kat fazla görüldüğünü bildirmişlerdir. Aynı çalışmada MAK'ın gömülü üçüncü molar diş bulunan bölgede sürmüş üçüncü molar dişe oranla 4,8 kat daha fazla görüldüğü de bildirilmiştir.

Mandibula kırığını inceleyen geniş kapsamlı klinik bir çalışmada, mandibular üçüncü molar dişlerin varlığının dişin pozisyonuna bağlı olarak MAK oluşumunda etkili olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, kırığa neden olan travma kuvvetinin şiddetine göre mandibular üçüncü molar dişlerin profilaktik olarak çekiminin kırığın önüne geçmek adına yararlı olabileceği belirtilmiştir. Profilaktik olarak diş çekiminin ise daha az şiddetteki kuvvetlerin angulus kırığı yapma ihtimalini azaltacağı fakat orta ve yüksek şiddetteki kuvvetlerde yararlı olamayacağını bildirmişlerdir (Duan ve Zhang, 2008). Farklı araştırmacılar ise oluşabilecek kırıkları engellemek için özellikle sporcularda bu

dişlerin profilaktik olarak çekilmesini tavsiye etmişlerdir (Schwimmer ve ark., 1983; Ailing III ve ark., 1993).

Mandibular üçüncü molar dişlerin pozisyonları ve gömülülük derecelerinin MAK üzerine etkilerini inceleyen bir çalışmada oklüzal pozisyona göre sınıf C (mine sement sınırının altında) ve ramus pozisyonuna göre sınıf 3 (yetersiz mesio-distal mesafe) grubu üçüncü molar dişlere sahip hastalarda MAK'ın yüksek oranda rastlandığı bildirilmiştir. Ayrıca oluşan kırığa en fazla vertikal ve distoangular pozisyondaki gömülü üçüncü molar dişlerinin sebep olduğunu saptamışlardır (Ma'aita ve Alwrikat, 2000).

Lee ve Dodson (2000), mandibula kırığı bulunan 367 hastada yaptıkları bir klinik araştırmada 99 hastada MAK tespit etmiş ve bu hastaların %80'inde üçüncü molar dişlerin bulunduğunu ve bu dişlerin MAK oluşmasında pozitif bir etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Aynı araştırmada üçüncü molar dişlerin pozisyonları ve gömülülük derinliği de incelenmiş ve MAK en fazla sınıf 1, A (üçüncü molar dişi oklüzyonda ve yeterli mesio-distal mesafe var) grubunda görüldüğü bildirilmiştir. Bu araştırmacılar diğer araştırmacıların aksine daha derinde gömülü olan dişlerin daha az MAK'a neden olduğunu bildirmişler ve bu durumu angulus bölgesinde sağlam bir süperior kortikal kenarın gömülü üçüncü molar dişin eşlik ettiği osseöz kemik bölgesinden daha önemli olduğu şeklinde açıklamışlardır.

Sonlu elemanlar analizi yapılan bir çalışmada kuvvet sonucu oluşan stresin gömülü üçüncü molar dişin kök apeksinde yoğunlaştığı tespit edilmiş ve araştırmacılar tarafından gömülü üçüncü molar dişlerin MAK oluşturma riskinin yüksek olduğu sonucuna varılmıştır (Takada ve ark., 2006).

Mandibula angulus bölgesinde kırık insidansının yüksek olmasının sebeplerinden biri de bu bölgenin, anteriorda bulunan korpus bölgesinden de, posteriorda yer alan ramus bölgesinden de daha ince bir kesite sahip olması sonucu gelen lateral kuvvetler karşısında kolayca kırık oluşabilmesidir (Schubert ve ark., 1997; Ellis, 1999). Heibel ve ark. (2001), insan mandibulasında kortikal kemik kalınlığını incelemişler ve mandibulada en ince yapıya sahip bölgenin angulus bölgesi olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar angulus bölgesindeki kortikal kemik kalınlığının ramusa komşu bölgelerde 1,47 milimetre (mm), korpusa doğru ilerledikçe 1,97 mm'ye kadar arttığını belirtmişlerdir.

Mandibula kırıklarının nedenleri arasında araç kazası, kavga, düşme, silahla yaralanma, spor kazası ve iş kazası yer almaktadır. En çok karşılaşılan etiyolojik neden ise kavga ve araç kazasıdır. Kuzey Amerika Ülkeleri, Kuzey Avrupa Ülkeleri, Avustralya ve Yeni Zelanda gibi ülkelerde kavga en sık mandibular kırık nedeniyken, Jordan ve Nijerya gibi gelişmekte olan ülkelerde motorlu araç kazaları sıklıkla mandibula kırıklarına yol açmaktadır (Zix ve ark., 2011). Ülkemizde yapılan bir araştırmada ise mandibula kırıklarına %67 trafik kazası, % 15 kavga, %8 düşme, %2 hayvan kazası, %3 bisiklet kazası, %1 spor kazası ve %3 oranında ise ateşli silahların sebep olduğu, MAK'ın ise en fazla kavga ve trafik kazaları sonucu meydana geldiği bildirilmiştir (Copcu ve ark., 2004). Brezilya'da yapılan bir çalışmada MAK'ın sebebi olarak sırayla spor kazaları, kavga ve motorlu araç kazaları gösterilmektedir (Chrcanovic ve ark., 2012). Japonya'da yapılan geniş kapsamlı bir çalışmada MAK'ın etiyolojisinde kavga ilk sırada yer alırken, ikinci sırada motorlu taşıt kazaları, üçüncü sırada da spor kazaları bildirilmiştir (Iida ve ark., 2001). İngiltere'de yapılan bir çalışmada ise MAK'ın sebebi olarak %77 kavga, %18 düşme gösterilmektedir (Rashid ve ark., 2013). Iida ve ark. (2005), Almanya'da yaptıkları klinik çalışmada MAK'ın %52 kavga, %32 trafik kazası, %9 spor kazası ve %9 düşme sonucu meydana geldiği bildirilmiştir.

2.6. Mandibula Angulus Kırıklarında Uygulanan Tedavi Yöntemleri

Mandibula kırıklarının tedavisindeki temel amaç; minimum komplikasyonla dişler ve çeneler arasındaki ilişkinin düzeltilmesiyle birlikte kırık segmentlerin birleştirilmesi, fasyal simetri ve dengenin sağlanması ile enfeksiyon ya da istenmeyen sekellerden korunulmasıdır. Bu kırıkların tedavi edilmesi estetik, çiğneme ve konuşma gibi işlevlerin yeniden sağlanması açısından da önemlidir (Brown ve ark., 1991; De Melo ve ark., 2012). Tüm mandibular kırıkların tedavisi mümkünse ilk 12 saat içerisinde yapılmalıdır. Geciken müdahalelerde enfeksiyon riski ve komplikasyon oranı artmaktadır (Allan ve Daly, 1990; Brown ve ark., 1991).

Mandibula kırıkları tedavisi içerisinde bölgede çekme kuvveti yüksek olan çiğneme kaslarının bulunması ve bölgeye cerrahi ulaşımın zor olması nedeniyle postoperatif komplikasyon oranı en fazla MAK'da görülmektedir (Gear ve ark., 2005; Saito ve Murr, 2008). MAK'ın tedavisiyle ilgili birçok araştırma yapılmasına rağmen

ideal tek bir tedavi seçeneği hakkında halen fikir birliğine varılamamıştır (De Melo ve ark., 2012).

Son yıllarda vida ve plak sistemlerinin popülaritesi devam etmekte ve yeni fiksasyon yöntemleri önerilmektedir. Literatürde MAK'ın plak ve vida fiksasyonu ile tedavisinde iki temel görüş bulunmaktadır. Arbeitsgemeinschaft für osteosynthesefragen / Association for the study of internal fixation (AO/ASIF) cerrahları ve Luhr mandibulanın aktif hareketi sırasında fragmanlar arasında meydana gelebilecek mobilitayı engellemek amacıyla plak ve vidaların yeterli derecede rijit bir fiksasyon sağlaması gerektiğini düşünmekteyken, diğer grup ise Michelet'in mandibula kırıklarının tedavisi için tanımladığı küçük, kolayca bükülebilen, kompresyonsuz kemik plakların transoral olarak monokortikal vidalar ile yerleştirilmesi gerektiğini savunmaktadır (Spiessl, 1976; Luhr, 1982; Spiessl, 1989).

Ellis (1999), MAK'da uygulanan tedavi metotlarını sekiz ana başlık altında toplamıştır.

- 1- Kapalı redüksiyon veya intraoral rijit olmayan açık redüksiyon,
- 2- Ekstraoral açık redüksiyon ve rekonstrüksiyon kemik plakları ile internal fiksasyon,
- 3- İntraoral açık redüksiyon ve tek lag vida kullanılarak internal fiksasyon,
- 4- İntraoral açık redüksiyon ve 2 tane 2,0 mm dinamik kompresyon plağı kullanılarak internal fiksasyon,
- 5- İntraoral açık redüksiyon ve 2 tane 2,4 mm dinamik kompresyon plağı kullanılarak internal fiksasyon,
- 6- İntraoral açık redüksiyon ve 2 tane kompresyonsuz plak kullanılarak yapılan internal fiksasyon,
- 7- İntraoral açık redüksiyon ve tek bir kompresyonsuz plak kullanılarak yapılan internal fiksasyon,
- 8- İntraoral açık redüksiyon ve tek bir bükülebilen, kompresyonsuz plak kullanılarak yapılan internal fiksasyon.

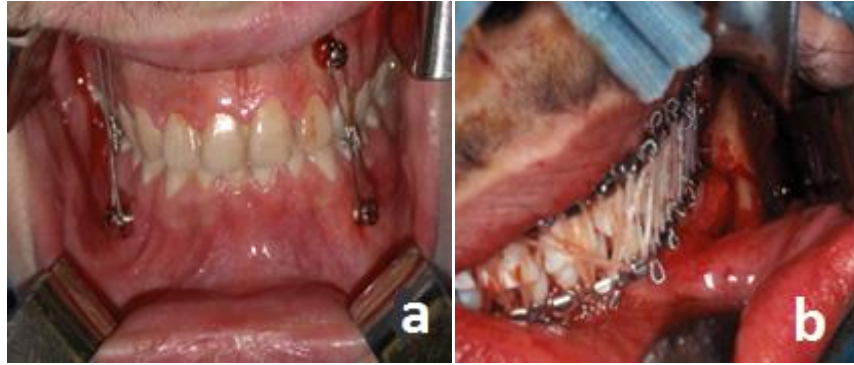
Bu tedavi metotlarından başka son yıllarda popüler olan 3D plaklar da MAK tedavisinde standart mini plaklara alternatif olarak kullanılmaktadır (Zix ve ark., 2007).

2.6.1. Kapalı Redüksiyon veya İntraoral Non-Rijit Açık Redüksiyon

Günümüze kadar yüzyıllardır başarıyla kullanılmış olan kapalı redüksiyon ve non-rijit internal fiksasyon teknikleri altın standart olarak kabul edilmekte ve geleneksel tedavi yöntemlerini oluşturmaktadır (Ellis, 1999). Kapalı redüksiyon yönteminin mandibula kırıklarının tedavisindeki endikasyonları arasında deplase olmayan uygun kırıklar, koronoid proçes ve kondil kırıkları, büyük çok parçalı kırıklar, karışık dişlenme dönemindeki çocuklarda meydana gelen kırıklar ve dişsiz mandibula kırıkları yer almaktadır (Fonseca ve ark., 1997; Villarreal ve ark., 2004; Stacey ve ark., 2006).

Kapalı redüksiyonda; direkt interdental tel tekniği, ivy ligatürü, şine (arch bar), gümüşten ve akrilikten yapılan cap splintler, ortodontik braket ve teller, vakumla şekillendirilen splintler ve İMF vidası gibi çeşitli teknik ve materyaller kullanılmaktadır (Utley ve ark., 1998; Yamada ve ark., 1998b; Vartanian ve Alvi, 2000).

Arch barlar ve İMF vidaları kırık stabilizasyonunu sağlamada İMF’de en sık kullanılan materyallerdir (Ansari ve ark., 2011; De Queiroz, 2013) (Şekil 13).



Şekil 13 a. İMF vidası ve tel yardımıyla İMF, b. Arch bar ve elastik lastik yardımıyla İMF (Ansari ve ark.'tan, 2011)

Arch bar ile İMF işlemi, arch barların tel yardımıyla dişlere bağlanması ile alt ve üst çenedeki arch barların birbirlerine lastikler ya da teller yardımıyla bağlanmasını içerir. Son yıllarda ise İMF vidası adı verilen ucu yuvarlak ortasından delik geçen bir vida kullanılmaktadır. Olgunun durumuna göre 4 adet vida lokal anestezi altında hastaya vidalanmaktadır. Bu vidalar arasına lastik veya teller uygulanarak İMF yapılmaktadır. Disloke olmayan MAK’ta da bu yöntemler uygulanabilmektedir. İMF vidasıyla gerçekleştirilen bu teknik; düşük operasyon zamanı, dişetinde daha az travma, traksiyon ve fiksasyona uygunluk, uygulama kolaylığı ve hasta açısından daha konforlu

bir tedavi sunması gibi pek çok avantaja sahiptir (Ansari ve ark., 2011; De Queiroz, 2013).

Mandibula kırıklarının tedavisinde uygulanan geleneksel yöntemler, deplase olmayan kırıklarda 4-6 haftalık İMF, deplase kırıklarda ise kemik fragmanlarının tel osteosentezini ve 4-8 haftalık bir İMF içermektedir (Dingman ve Natvig, 1964). Mandibula kırıklarında İMF süresi hastanın yaşına, sağlığına, kullanılan redüksiyon metoduna, kırığın tipine, lokalizasyonuna, sayısına ve ciddiyetine de bağlıdır. Deplase olmamış bir kırık sağlıklı çocuklarda çok hızlı iyileşebilirken, yaşlı bir hastadaki deplase kırıkta daha uzun süre İMF yapılması gerekmektedir (Fonseca ve ark., 1997).

Geleneksel tedavi yöntemleri günümüzde rijit internal fiksasyon (RİF) yöntemlerine göre daha az tercih edilse de, bu yöntemin en önemli avantajlarından biri maliyetinin daha düşük olmasıdır. Buna karşın havayollarında tıkanıklık, yetersiz beslenme, aşırı kilo kaybı ve katabolik reaksiyonlar, sosyal yaşantıda sıkıntı, temporomandibular eklemden (TME) ve artiküler kartilajda incelme veya ankiloz gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Glineburg ve ark., 1982; Theriot ve ark., 1987).

Glineburg ve ark. (1982), sekiz haftalık İMF uygulamalarında TME immobilizasyonuna bağlı artiküler kartilajın önemli ölçüde incelmediğini ve sekiz ay sonra bile ağız açıklığının tam olarak normale dönmediğini bildirmişlerdir.

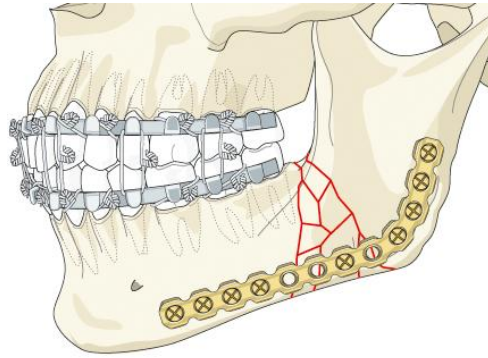
Ellis (1999), MAK bulunan hastalarda komplikasyon oranını değerlendirmek amacıyla 96 hastayı geleneksel yöntemlerle tedavi etmiş, kırık tedavisinde kapalı redüksiyon yöntemi ve/veya açık redüksiyonla non-rijit intraosseöz fiksasyon uygulamıştır. Non-rijit fiksasyonda transosseöz tel, sirkummandibular bağlama veya küçük pozisyonel kemik plakları kullanmıştır. 99 MAK'ın 59'u kapalı redüksiyonla, 34'ü açık redüksiyon ve transosseöz telle, 5 tanesi pozisyonel plakla, 1 tanesinin de kapalı redüksiyon ve sirkummandibular bağlama yöntemi ile tedavi edildiğini ve hastaların ortalama 75 gün periyodik olarak takip edildiğini bildirmiştir. Sonuç olarak bu hastaların 17'sinde komplikasyon meydana geldiğini, bu komplikasyonların 13'ünde enfeksiyon, dört tanesinde ise enfeksiyonla birlikte yanlış iyileşme (malunion) ve maloklüzyon meydana geldiği ancak hiçbir hastada iyileşmeme (non-union) meydana gelmediği bildirilmiştir.

Ehrenfeld ve ark. (1996), 150 adet mandibula kırığı bulunan hastaları üç farklı gruba ayırarak tedavi etmişlerdir. Birinci grupta sadece İMF, deplase kırıklarda tel

osteosentez ile açık redüksiyon, ikinci grupta intraoral yaklaşımla AO 2,7 plakları kullanılarak RİF, üçüncü grupta da intraoral yaklaşımla mini plaklar kullanılarak internal fiksasyon yapılmıştır. İki yıllık ortalama takip süreci sonunda en düşük komplikasyon oranı grup 1 de, en yüksek komplikasyon oranı grup 2 de görülmüştür.

2.6.2. AO/ASIF Rekonstrüksiyon Plakları ile İnternal Fiksasyon

AO/ASIF rekonstrüksiyon plakları değişik uzunluklarda olup, üç yönde bükülebilir özelliğe sahip ve mandibulanın yüzeyine göre şekil verilebilen, standart AO/ASIF kompresyon plaklarına göre daha kalın ve güçlü plaklardır. Kompresyon eksikliğinde fonksiyonel kuvvetlerin yeterli derecede nötralizasyonunu sağlayabilmek için kırık hattının her iki tarafında üç adet vida kullanımı tavsiye edilmektedir. Bu plakların çok parçalı, defektli ve standart kompresyon plaklarının kullanılamayacağı durumlarda endikasyonu bulunmaktadır (Ellis, 1999) (Şekil 14).



Şekil 14. Çok parçalı ve defektli kırıklarda endike olan rekonstrüksiyon plağı
(<http://www2.aofoundation.org> 'dan, 2014)

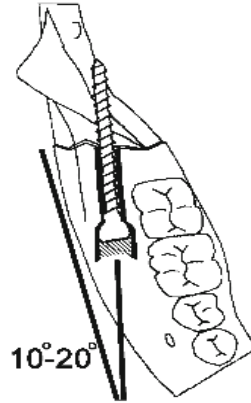
Ellis (1993), 2,7 mm AO/ASIF rekonstrüksiyon plaklarını kullanarak 52 hastada tek taraflı MAK tedavi etmiş, 4 hastada enfeksiyon geliştiğini ve bu hastaların da üçünde ise operasyon sırasında üçüncü molar dişlerin çekildiğini bildirmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre rekonstrüksiyon plaklarının MAK'ın tedavisinde kullanılabilir olduğu ve düşük komplikasyon oranına sahip olduğu bildirilmiştir.

Scolozzi ve ark. (2003), 74 lineer mandibula kırığı bulunan hastayı (24'ü MAK) AO 2,0 kilitli rekonstrüksiyon plakları ile tedavi etmişler ve 10 hastada minör komplikasyon gözlenmesine rağmen hastaların hiçbirinde major komplikasyon gözlenmediğini bildirmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre lineer, parçasız mandibula kırıklarında AO 2,0 mm kilitli rekonstrüksiyon plaklarının major bir

kompliyasyona neden olmadan güvenilir bir kemik iyileşmesi sağladığını bildirmişlerdir. Ayrıca, mandibulanın inferior bölümüne yerleştirilen 2,0 mm kilitli rekonstrüksiyon plaklarının kompresyon ve gerilim kuvvetlerini nötralize ettiği ve böylelikle mandibulanın superior bölümüne ikinci bir plağın yerleştirilmesine gerek olmadığını bildirmişlerdir (Scolozzi ve ark., 2009). Aynı araştırmacı başka bir çalışmada 2,4 mm AO titanyum rekonstrüksiyon plakları kullanarak 65 mandibula kırığı bulunan hastayı (15'i MAK) tedavi etmişler ve hastaların %77'sinde başarılı bir iyileşme gerçekleştiğini, hastaların %20'sinde minör komplikasyonlar oluşurken sadece %3'ünde majör komplikasyon (nonunion ile birlikte enfeksiyon) meydana geldiğini bildirmişlerdir (Scolozzi ve Richter, 2003). Harjani ve ark. (2012), yapmış oldukları klinik çalışmada mandibula kırıklarında 2,4 mm kilitli titanyum rekonstrüksiyon plakları ve 2,7 mm kilitli olmayan rekonstrüksiyon plaklarını enfeksiyon, parestezi ve kırık segmentlerde mobilite varlığı gibi klinik parametrelere göre karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda kilitli plakların daha iyi stabiliteye sahip olmasına rağmen klinik olarak kilitli olmayan plaklarla yakın sonuçlara sahip olduklarını bildirmişlerdir.

2.6.3. Lag Vidaları ile Fiksasyon

Lag vidaları ilk kez 1970'li yılların başlarında Niederdellmann ve ark. (1976), tarafından plak kullanımına gerek kalmadan kompresyon yaparak stabilite sağlayan radikal bir tedavi metodu olarak tarif edilmiştir. Bu tekniğe göre oblik olarak yönlendirilen bir adet 2,7 mm çapında, 18-26 mm uzunluğunda lag vida eksternal oblik kenara paralel olarak yerleştirilmektedir. Ellis ve Ghali (1991) ise lag vidanın bukkal koridora göre yaklaşık olarak 10-20° açıyla yerleştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir (Şekil 15).



Şekil 15. MAK'ta lag vidasının bukkal kortekse yaklaşık 10° - 20° açıyla yerleştirilmesi (Chrcanovic'den, 2012)

Bu teknikle yerleştirilen bir adet lag vida ile deplase ve çok parçalı olmayan kırıklarda internal fiksasyonun sağlanabileceğini bildirmişlerdir (Niederdelmann ve ark., 1976; Niederdelmann ve Schilli, 1980; Niederdelmann ve ark., 1981; Niederdelmann ve Shetty, 1987).

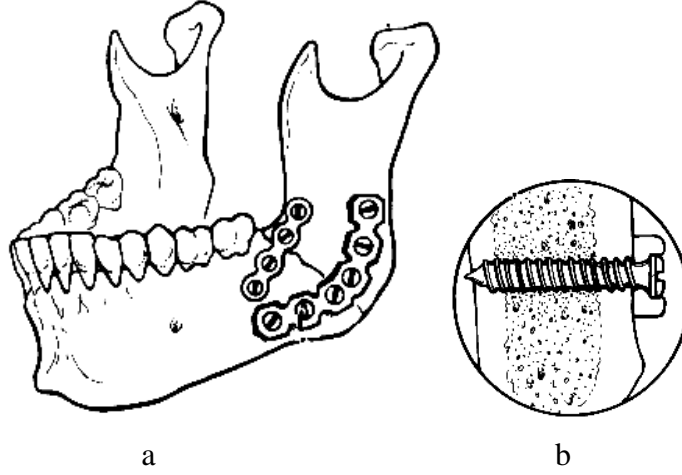
Kuzey Amerika bölgesindeki cerrahlar lag vidalarını yerleştirmeden önce üçüncü molar dişleri çekmeyi tercih ederken, Niederdelmann ve ark. lag vidalarını üçüncü molardan geçecek şekilde yerleştirip kırık iyileşmesi sağlandıktan sonra vida ve dişleri çıkarmayı tercih ettiklerini bildirmişlerdir (Gear ve ark., 2005). Ellis (1997), bu tekniğin oldukça hızlı ve basit bir yöntem olduğunu bildirmesine rağmen, Gear ve ark. (2005), lag vida tekniğinin uygulama zorluğundan dolayı cerrahlar arasında popülerite kazanamadığını bildirmiştir. Farris ve Dierks (1992), 6 hastada multiple kırık bulunan MAK'lı 13 hastaya sadece lag vida fiksasyonu, 21 hastaya da diğer fiksasyon yöntemlerini uygulamışlar ve oluşan komplikasyonları karşılaştırmışlardır. Lag vida fiksasyonu yapılan grupta lag vidalarıyla ilişkin sadece 1 hastada (%7,7), diğer grupta ise 5 hastada (%24) komplikasyon görüldüğünü bildirmişlerdir. Çalışmacılar klinik uygulamasının basit olması, plak fiksasyonlarına göre çok daha ucuz olması ve yoğun çalışan kliniklerde lag vida fiksasyonu sayesinde zamandan tasarruf edilmesini lag vidaların avantajları olarak belirtmişlerdir.

Literatürde lag vidalarıyla fiksasyonun güvenli ve etkili olduğunu bildiren araştırmalarda, lag vidalarının kırık parçalar arasında oluşturduğu sıkıştırma kuvveti ile çok rijit bir fiksasyon sağlandığı ve oluşan bu baskı sayesinde postoperatif kırık aralığının azaldığı bildirilmektedir. Kırık aralığının minimum olması ve kırık parçalar arasında hareketsizliğin tam sağlanmasıyla kırık aralığında revaskülarizasyonun ve iyileşmenin daha iyi olacağı, buna bağlı olarak direkt lameller kemik ossifikasyonu ile kırık iyileşmesinin daha kısa sürede tamamlanacağı da bildirilmektedir (Ellis ve Ghali, 1991; Claes ve ark., 2003; Schaaf ve ark., 2011).

2.6.4. AO/ASIF Kompresyon Plakları Kullanılarak Yapılan İnternal Fiksasyon

AO/ASIF kompresyon plakları MAK'ta ilk olarak bir adet 6 delikli bikortikal dinamik kompresyon plaklarının mandibulanın inferior kenarına yerleştirilmesiyle tedavi edilmiştir. İlerleyen yıllarda bu teknik 4 veya 6 delikli bikortikal dinamik kompresyon plağının inferior kenara, ayrıca 4 delikli monokortikal gerilim plağının

süperior kenara yerleştirilmesiyle modifiye edilmiştir (Şekil 16). Bu iki plağın ekstraoral olarak yerleştirilmesi zor olmamasına rağmen, intraoral olarak yerleştirilmeleri görüş açısının azalmasından dolayı plakların adaptasyon işlemini zorlaştırmaktadır (Ellis ve Karas, 1992).



Şekil 16. a. AO/ASIF metoduna göre inferior mandibular kenara kompresyon plağı yerleştirilirken, süperior kenara ise gerilim mini plağı yerleştirilmesi

b. Kompresyon plaklarının fiksasyonunda kullanılan bikortikal vida (Gear ve ark.'dan, 2005)

AO/ASIF sisteminin ana prensipleri olarak; anatomik redüksiyon, rijit fiksasyon, atravmatik cerrahi teknik ve immediyat aktif fonksiyon sayılmaktadır. AO/ASIF kompresyon plaklarının MAK'ta kullanımı için tavsiye edilen metot, oluşan gerilim ve kompresyonu restore etmeye yöneliktir. Kemik plakları uygulandıktan sonra İMF uygulanmasına gerek görülmemektedir (Ellis, 1999). Ayrıca fragmanların mobil olması ve kırık bölgesinde fiksasyon eksikliği gibi mandibula kırıklarının enfekte olmasına neden olan faktörler AO/ASIF plakları uygulandığında bölgede rijit bir fiksasyon oluştuğu için elimine edilmektedir (Potter ve Ellis, 1999). Murr (2005), AO/ASIF dinamik kompresyon plaklarını uyguladıkları aşırı deplase, kommünite veya enfekte MAK'ta başarılı sonuçlar elde ettiklerini, postoperatif dönemde İMF gerektirmemesinin ve hastaya erken fonksiyon sağlamanın da büyük bir avantaj olduğunu belirtmiştir.

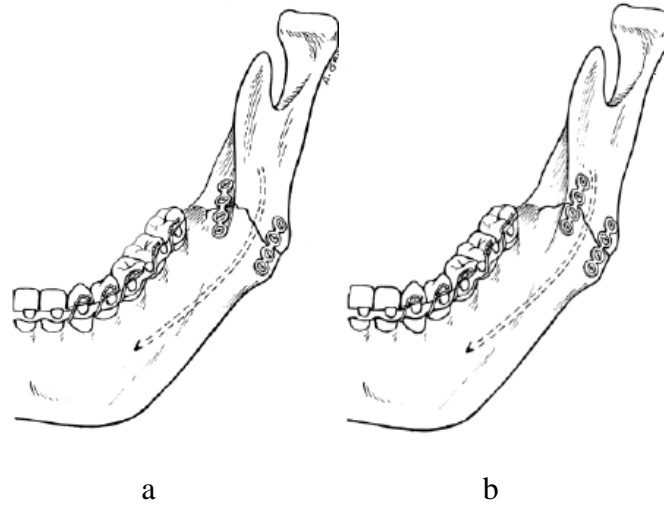
Literatürde kompresyon plakları ile tedavi edilmiş MAK'lı hastalarda oluşan komplikasyonları bildiren çalışmalar da mevcuttur. Ellis ve Sinn (1993), nonkommünite MAK'lı 65 hastaya 2,4 mm iki adet mandibular kompresyon plağı uygulamışlardır. Bu plaklardan küçük olanı süperior kenara monokortikal vidalarla ve intraoral yaklaşımla, büyük olan stabilizasyon plağını ise inferior kenara bikortikal olarak transbukkal trokar

kullanarak yerleştirmişler ve postoperatif dönemde 21 hastada (%32) enfeksiyon geliştiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar kompresyon plakları ile tedavi ettikleri vakalarda yüksek komplikasyon oranı ile karşılaşmalarının sebebinin, tedavi ettikleri hastaların %60'a yakınının alkolik veya intravenöz ilaç bağımlısı olmalarından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Iizuka ve Lindqvist (1992), MAK'lı 121 hastada AO/ASIF kompresyon plakları ve rekonstrüksiyon plakları ile yaptıkları tedavi sonunda %6,6 oranında enfeksiyon, %14 oranında maloklüzyon, bazı vakalarda da inferior alveolar sinir (İAS) hasarı olduğunu ve bunun muhtemel sebebinin de fragmanlar arasında oluşan sıkışmadan kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Ellis ve Karas (1992), 31 hastada bulunan MAK'a intraoral yaklaşım ile aynı uzunlukta iki adet 2,0 mm mini dinamik kompresyon plağı uygulamışlar, bu hastaların 9'unda (%29) sekonder cerrahi gerektirecek komplikasyonlar meydana geldiğini bildirmişlerdir. Luhr ve Hausmann (1996), bikortikal AO/ASIF kompresyon plakları ile tedavi ettikleri 352 MAK bulunan hastada %0,9 gibi oldukça düşük bir komplikasyon oranı bildirmişlerdir. Osteomyelit ve nonunion gibi major komplikasyonlar sadece 8 vakada (%0,9) görülürken, kırık iyileşmesini etkilemeyen yumuşak doku enfeksiyonları, yumuşak doku abseleri ve sütür dehizensi gibi minör komplikasyonlar ise %6,1 oranında görülmüştür.

Kimsal ve ark. (2011), sonlu elemanlar analizi metodu ile 1mm kallus aralığı olacak şekilde oluşturdukları kırık simulasyonunda, kırık hattının inferioruna bikortikal vidalarla yerleştirilen kompresyon plaklarını, kırık hattının süperioruna yerleştirilen gerilim plaklarını ve bu iki plağın kombinasyonundan oluşan grupları karşılaştırmışlardır. Kallusta, plakta ve kemikte oluşan strese göre en iyi fiksasyonun iki plağın beraber uygulandığı grupta sağlandığını bildirmişlerdir.

2.6.5. İki Adet Kompresyonsuz Mini Plak Kullanılarak Yapılan İnternal Fiksasyon

MAK'ın tedavisinde iki adet mini plak kullanılarak yapılan fiksasyon yöntemi kırık bölgesinde başarılı bir repozisyon ve stabil bir fiksasyon sağlamaktadır. Bu teknikte kırık bölgesinde mandibulanın süperior kenarına veya bu bölgenin bukkaline bir adet kompresyonsuz mini plak, inferior kenarına ise ikinci bir kompresyonsuz mini plak uygulanmaktadır (Choi ve Suh, 2001; Fox ve Kellman, 2003) (Şekil 17).



Şekil 17. MAK'ta monokortikal vidalarla iki adet mini plak kullanımı

- a. Biplanar pozisyon
- b. Monoplanar pozisyon (Fox ve ark.'dan, 2003)

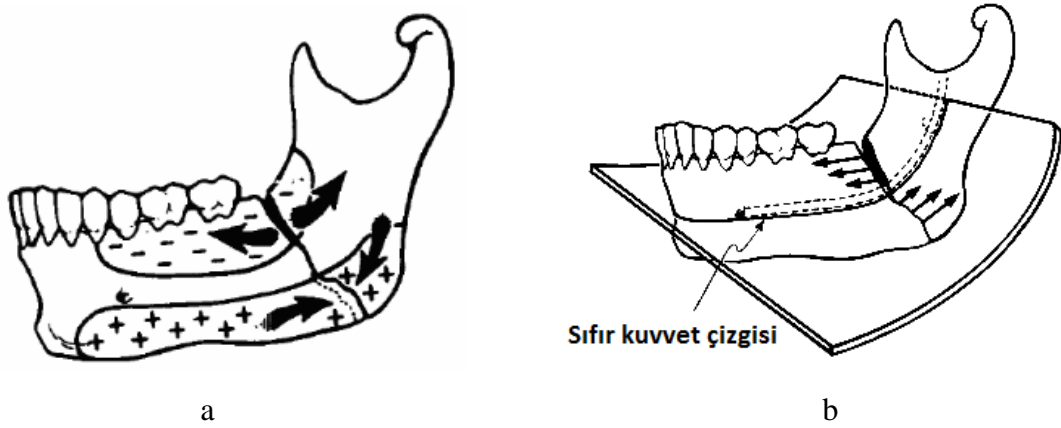
Literatürde birçok *in vitro* çalışmada MAK'ın tedavisinde uygulanan iki adet mini plak fiksasyonu ile mandibulanın inferior kısmının laterale deplasmanı engellendiği ve daha stabil fiksasyon sağlandığı bildirilmektedir. Bazı çalışmalarda MAK'ta uygulanan iki adet mini plakla fiksasyonun rekonstrüksiyon plaklarına göre daha rijit bir fiksasyon sağladığı da bildirilmektedir (Chrcanovic, 2012). İki mini plak fiksasyonu ve tek mini plak fiksasyonunu klinik olarak komplikasyon oranına göre kıyaslayan araştırmalarda iki grup arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmadığı da bildirilmiştir (Danda, 2010). Levy ve ark. (1991), 63 MAK'ın 44'ünü iki mini plakla, 13'ünü tek mini plak ile tedavi etmişler ve 6 kırık bölgesinde oluşan komplikasyonun 5 tanesinin tek mini plakla tedavi edilen grupta oluştuğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmacılar, iki mini plakla yapılan osteosentezin, diğer tedavi yöntemlerine göre daha başarılı olduğunu belirtmişlerdir.

İki mini plakla fiksasyon tekniğinin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. İntraoral olarak iki mini plak fiksasyonu tercih edildiğinde mandibuladan geniş yüzeyde periostal doku kaldırılması gerekmektedir ve bu da intraoperatif travmayı arttırmaktadır. Ekstraoral teknik tercih edildiğinde ise, bakteriyel kontaminasyon riski, skar oluşumu, hematoma, postoperatif ödem, marjinal mandibular sinir hasarı gibi komplikasyonlarda artış gözlenmektedir. Ayrıca iki mini plakla fiksasyon yönteminde operasyon süresi artmaktadır (Alkan ve ark., 2007). Ellis ve Walker (1994), 67 hastada toplam 69 MAK'a kompresyonsuz iki adet mini plak uygulamışlardır. Süperior kenara uygulanan

plak intraoral açık redüksiyonla yerleştirilirken, inferior kenara uygulanan plak transbukkal transoral yöntemle yerleştirilmiştir. 19 kırıkta ikinci bir cerrahi işlem yapmışlar ve komplikasyon oranını %28 olarak bildirmişlerdir.

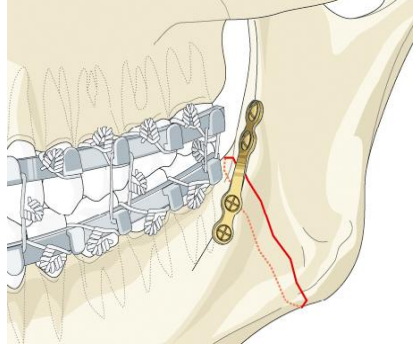
2.6.6. Bir Adet Kompresyonsuz Mini Plak Kullanılarak Yapılan İnternal Fiksasyon (Champy Yöntemi)

Modern mini plakların prototipi olan küçük, kolay bükülebilir, kompresyonsuz kemik plakların monokortikal vidalarla uygulanması ilk kez Michelet ve ark. tarafından bildirilmiştir (Michelet ve ark., 1973). İlerleyen yıllarda Champy ve ark. bu metodun güvenilirliğini test etmek amacıyla basit bir kantilever bending modeli kullanarak mandibulanın süperior kısmında gerilme, inferior kısmında ise kompresyon oluştuğunu göstermişlerdir (Şekil 18a). Gerilim ve kompresyon bölgeleri arasında kalan ve İAS boyunca uzanan bölüme ise “sıfır kuvvet çizgisi” adını vermişlerdir (Champy ve ark., 1975; Champy ve ark., 1976; Champy ve Lodde, 1977; Champy ve ark., 1978) (Şekil 18 b).



Şekil 18. a. Mandibulada oluşan gerilim (-) ve kompresyon (+) bölgeleri b. Gerilim ve kompresyon bölgeleri arasında kalan “sıfır kuvvet çizgisi” (Gear ve ark.’dan çevrilerek uyarlanmıştır, 2005)

Bu çalışmadaki biyomekanik sonuçlara göre MAK için eksternal oblik sırta bir adet kompresyonsuz mini plak yerleştirilmesi tavsiye edilmiştir (Champy ve ark., 1975; Champy ve ark., 1976; Champy ve Lodde, 1977; Champy ve ark., 1978) (Şekil 19). Champy ve ark. (1978), mandibulanın kalın ve sert kompakt kemik yapısı sayesinde monokortikal osteosentez vidalarıyla başarılı bir şekilde ankraj alındığını, fakat yeterli bir ankraj alabilmek için en az 3 mm korteks kalınlığının olması gerektiğini bildirmişlerdir.



Şekil 19. Champy tekniğine göre MAK'ta mandibulanın üst kısmına bir adet mini plak yerleştirilmesi (<http://www2.aofoundation.org> dan, 2014)

Nonkommünite MAK'ta uygulanan Champy yönteminin diğer tekniklere göre avantajları şu şekilde sayılabilir;

1- Küçük bir intraoral insizyonla işlem yapılarak geniş eksternal skar oluşumu elimine edilir,

2- Potansiyel olarak oluşabilecek İAS ve marjinal mandibular sinir hasarı azaltılır,

3- Kırık hattının redüksiyonu ile aynı anda dişlerin oklüzal ilişkisi izlenebilmektedir,

4- Mini plakların kemik yüzeyine adaptasyonu kompresyon veya rekonstrüksiyon plaklarına göre daha kolaydır,

5- İntraoral yaklaşım teknik olarak ekstraoral yaklaşıma göre daha kolaydır (Levy ve ark., 1991; Safdar ve Meechan, 1995).

Aynı araştırmacılar ilerleyen yıllarda mandibula kırıklarının tedavisinde rehber alınabilecek ideal osteosentez çizgilerini tarif etmişlerdir (Champy ve ark., 1975; Champy ve ark., 1976; Champy ve Lodde, 1977; Champy ve ark., 1978) (Şekil 20).



Şekil 20. İdeal osteosentez çizgileri (Bouloux'dan, 2012)

Mandibuladaki ideal osteosentez çizgilerinin belirlenmesiyle bu bölgelere uygulanacak kemik plaklarının küçük olması ve vidaların monokortikal olarak yerleştirilmesiyle dişlere zarar verilmeden mekanik olarak yeterli bir fiksasyon sağlanabileceği bildirilmiştir. Ayrıca MAK tedavisinde kemik fragmanları arasında tam bir immobilizasyona gerek olmadığı ve bu yüzden AO/ASIF'in ikinci prensibi olan "rijit fiksasyon" maddesinin, "fonksiyonel olarak stabil fiksasyon" şeklinde değiştirilmesi gerektiği savunulmuştur (Ellis, 1999).

"Osteosentez için ideal çizgi" bölgesine mini plak yerleştirilmesinde iki farklı tekniğin uygulanabileceği bildirilmiştir. Bunlardan ilkinin mandibulanın lateral bölümüne komşu eksternal oblik sırtta bulunan ikinci molar dişin distalindeki alan, ikincisini ise mandibulanın süperior lateral yüzeyi olarak tarif etmişlerdir (Chrcanovic, 2012).

Champy ve ark. (1978), tanımladıkları ideal osteosentez çizgilerini rehber olarak, monokortikal plaklarla tedavi ettikleri 183 hastada %3,8 major komplikasyon oluştuğunu, %0,5 malunion, %0,5 geç iyileşme ve %4,8 oranında ise maloklüzyonla karşılaştıklarını bildirmişlerdir. Bu çalışma literatürde postoperatif İMF kullanılmadan gerçekleştirilen mandibula fiksasyonları içerisinde en düşük komplikasyon oranına sahip olması açısından önemlidir. Aynı çalışmadaki biyomekanik sonuçlara göre MAK'da plak fiksasyonu için en ideal bölgenin üçüncü molar diş bölgesindeki düz, vestibüler osseöz bölge olduğu ve kırık bölgeye gerilim bölgesi boyunca uzanan plak fiksasyonu ile fragmanları distrikte ettiren kas kuvvetlerinin nötralize edileceği de bildirilmiştir. Cawood ve ark. (1985), MAK'ta tek plak osteosentez yönteminin başarılı olduğunu ve İMF'ye gerek olmadığını bildirmişlerdir. Bu bölgede oluşan komünite kırıklarda ise stabilizasyon eksikliğinden dolayı Champy yönteminin uygulanamayacağı da bildirilmiştir. Aynı çalışmada hastaların %6'sında enfeksiyon, %8'inde maloklüzyon görüldüğü belirtilmiştir.

Ellis ve Walker (1996), MAK bulunan 81 hastayı Champy yöntemine göre bir adet kompresyonsuz mini plak ile tedavi etmişler ve postoperatif komplikasyon oranını %16 olarak tesbit etmişlerdir. Bu komplikasyonların sadece ikisinin (%2,5) major komplikasyon olduğunu ve bu hastalarda fibröz iyileşme olduğu için kemik greftleme işlemi yapıldığını belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılar Champy yönteminin nonkomünite MAK'ta komplikasyon oranı düşük olduğu için tedavide ilk tercih

edilecek yöntemlerden biri olması gerektiğini bildirmişlerdir (Ellis ve Walker, 1996). Bu çalışmanın sonuçlarına paralel olarak Murr ve ark. (2005), Champy yönteminin aşırı deplase olmayan, nonkommünite MAK tedavisinde çok tercih edilen başarılı bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Ancak aşırı deplase, kommünite ve enfekte kırıklarda komplikasyon oranının artacağını bildirmişlerdir. Johansson ve ark. (1988), enfekte mandibula kırıklarının tedavisinde uyguladıkları monokortikal mini plak fiksasyonunda %25 gibi yüksek bir komplikasyon oranı bildirmişlerdir.

Gerlach ve Schwarz (2003), yaptıkları klinik çalışmada MAK bulunan 22 hastayı eksternal oblik sırta bir adet mini plak yerleştirerek tedavi etmişler ve mandibula kırığı bulunmayan 15 hastayla maksimum ısırma kuvvetlerini karşılaştırmışlardır. Maksimum ısırma kuvvetleri postoperatif 1-6 hafta arası elektrik test yöntemiyle ölçülerek yapılan çalışmada Champy metodunun tamamen dişli hastalarda yeterli stabilite sağladığı bildirilmiştir.

Bell ve Wilson (2008), 83 MAK bulunan hastanın 75'ini bir adet 2,0 mm mini plak kullanarak standart Champy tekniğine göre tedavi etmişlerdir. Hastalar üç gruba ayrılarak birinci gruba Erich arch barları kullanılarak İMF, ikinci gruba 24 gauge dişler arası "Stout" telleri uygulayarak İMF, üçüncü gruba ise İMF uygulanmamıştır. Araştırmacılar bu üç grup arasında komplikasyon açısından istatistiksel bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir.

Siddiqui ve ark. (2007), MAK bulunan 62 hastayı birinci gruba tek mini plak, diğer gruba ise biri superior kenarda, diğeri inferior kenara yakın olarak yerleştirilmek üzere iki mini plak uygulayarak tedavi etmişler ve postoperatif komplikasyon açısından iki grup arasında fark bulunmadığını bildirmişlerdir. İkinci bir plak yerleştirmenin maliyeti ve harcanan operasyon zamanını iki kat arttırmasından dolayı, tek mini plak osteosentezinin tercih edilmesinin daha mantıklı olacağını belirtmişlerdir.

Literatürde birçok araştırmacı tarafından MAK'ta kullanılan Champy metodunun düşük komplikasyon oranına sahip bir tedavi metodu olarak bildirilmesine rağmen, kırık bölgesinde mandibulanın inferior kısmında açılma olması, inferior kısımdaki fragmanların laterale deplase olması ve kırık bölgesinde posterior açıklık oluşması gibi dezavantajları da bildirilmiştir (Vineeth ve ark., 2013).

Feller ve ark. (2003), 175 MAK bulunan hastayı Champy yöntemi ile tedavi etmişler, 26 hastada (%15) komplikasyonla karşılaştıklarını bildirmişlerdir. Ancak bu

komplifikasyonların sadece %2'sinin (psödoartrit ve yetersiz osteosentez) ikinci bir cerrahi işlem gerektiren majör komplifikasyonlar olduğu, %13'ünün ise (yara iyileşmesi, oklüzal düzensizlikler ve parestezi) minör komplifikasyonlar olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Champy yönteminin MAK'ta güvenilir bir yöntem olduğu sonucuna varmışlardır.

Niederhagen ve ark. (1996), sekiz yıllık bir periyotta toplam 183 MAK bulunan hastayı Champy ve AO yöntemine göre tedavi etmişler ve intraoral AO tekniği uyguladıkları hastalarda %19,5, ekstraoral AO yöntemi uyguladıkları hastalarda %8,1 ve Champy yöntemi uygulanan hastalarda ise %7,3 oranında komplifikasyon geliştiğini bildirmişlerdir. Bu çalışma süresince AO yönteminden monokortikal kompresyonsuz mini plak uygulamasına bir geçiş olduğu görülmektedir. Fakat cerrahlar arasında mini plak fiksasyonu ile sağlanan stabilitenin yeterliliği hakkında farklı görüşler bulunmaktadır. Luhr (1982), Raveh ve ark. (1987) ve AO/ASIF'i savunan diğer cerrahlar monokortikal vidalarla fikse edilen mini plakların yeterli stabilizasyon sağlayamadığı ve bu durumu elimine etmek için İMF'nin gerekli olduğunu savunurken, rijit AO/ASIF plaklarını rutin olarak kullanan bazı cerrahlar ise bu plakları kullanmaya başlamışlardır (Luhr, 1982; Raveh ve ark., 1987; Niederhagen ve ark., 1996).

2.6.7. Üç Boyutlu Plak Kullanılarak Yapılan İnternal Fiksasyon

Üç boyutlu (3D) mini plaklar ilk kez 1992 yılında Farmand tarafından iki dört delikli plağın birbirine barlarla bağlanması şeklinde tanımlanmış ve bu plaklar kraniyofasiyal, ortognatik, rekonstrüksiyon ve travma cerrahisinde de kullanılmaya başlanmıştır (Farmand ve Dupoirieux, 1992; Farmand, 1993).

Bu plakların intraoral manipülasyonlarının ve kemik üzerine uyarlamalarının kolay olması, kırık bölgede deplasmana ve distorsiyona izin vermemeleri, gerilim ve kompresyon bölgelerinin aynı anda stabilizasyonunu sağlamaları gibi avantajları bulunmaktadır (Hochuli-Vieira ve ark., 2011).

MAK bulunan 20 hastanın tedavisinde 3D plaklar ile Champy yöntemine göre uygulanmış mini plakların karşılaştırıldığı bir çalışmada, fragmanların stabilitesi, oklüzyon, ağız açıklığı, ek fiksasyon gereksinimi ve oluşan komplifikasyonlar değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda 3D plakların uygulandığı grupta başlangıç stabilitesinin daha yüksek olduğu ve daha az komplifikasyon görüldüğü bildirilmiştir (Vineeth ve ark., 2013).

Klinik olarak MAK üzerinde yapılan diğerk bir klinik çalışmada, 106 MAK bulunan hastanın 63'ü 8 delikli 3D plaklarla, 33'ü Champy yöntemiyle tedavi edilmiş ve plakların çıkarılma oranları karşılaştırılmıştır. 8 delikli 3D plakta plakların çıkarılma oranı %8,2 iken, Champy grubunda bu oran %18,2 bulunmasına rağmen gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamış ve iki grubun da yeterli rijit fiksasyon sağladığı bildirilmiştir (Moore ve ark., 2013).

Kırık tedavisi sonrası fragmanlarda mobilite varlığının postoperatif enfeksiyonlara neden olduğu ve mandibula kırıklarında da en sık görülen komplikasyonun enfeksiyon olduğu bildirilmektedir. Bu problemi minimize etmek için plak stabilitesinin artırılması gerektiği savunulmaktadır (Maloney ve ark., 2001; Lamphier ve ark., 2003). MAK tedavisinde uygulanan açık redüksiyon ve internal fiksasyon tedavisi sonrası enfeksiyon görülme insidansı %3-32 olarak bildirilmektedir (Levy ve ark., 1991; Ellis, 1999). 3D plak kullanılarak tedavi edilen MAK'ta enfeksiyon oranlarını Feledy ve ark. %9, Guimond ve ark. %5,4, Zix ve ark. %0 olarak bildirmiştir (Feledy ve ark., 2004; Guimond ve ark., 2005; Zix ve ark., 2007).

Sinir hasarına bağlı duyu değişiklikleri de mandibula kırıklarında sıkça görülmektedir (Zix ve ark., 2007). Travmaya bağlı sinir hasarını inceleyen bir derlemede kırık tedavisi öncesinde İAS'da duyu değişikliklerinin %5,7-58 arasında görüldüğü ve bunların %0,9-66,7'sinin kalıcı olduğu bildirilmiştir (Thurmuller ve ark., 2001). Zix ve ark. (2007), nonkommünite MAK bulunan hastalar üzerinde yaptıkları çalışmada %75 oranında duyu değişiklikleri görüldüğünü, fakat bunların %25'inin tedavi sonrasında görüldüğünü bildirmişlerdir. Guimond ve ark. (2005), 37 MAK hastasını sekiz delikli 3D plakla tedavi etmişler, tedavi öncesindeki duyu değişikliklerinin %78,1 görüldüğünü ve bunların %60'ının kalıcı olduğunu bildirmişlerdir. Duyu değişikliklerinin yüksek oranda görülmesini sadece bir hastada kırık fragmanlar arasındaki deplasmanın minimum seviyede olmasıyla açıklamışlardır. Deplasman derecesinin artmasıyla sinirin %50 oranında ezilme ve gerilme tipi hasara maruz kalacağı da bildirilmiştir (Iizuka ve Lindqvist, 1991; Marchena ve ark., 1998; Thurmuller ve ark., 2001).

MAK incelenen klinik çalışmalarda farklı tedaviler sonucunda %0-8 oranında oklüzyon değişikliği meydana gelebilmekteyken, 3D plaklarda bu değişiklik %0-20

oranında bildirilmektedir (Feledy ve ark., 2004; Guimond ve ark., 2005; Zix ve ark., 2007; Bui ve ark., 2009; Höfer ve ark., 2012).

2.7. Kırıklarda Kemik İyileşmesi

Kırık; travma ile kemik, periost, kemik iliği ve çevre yumuşak dokulardaki harabiyet ile oluşmaktadır. Kırık iyileşme süreci, kırık olduğu anda başlayarak takip eden dönemde oluşan bir dizi karmaşık fizyolojik süreç sonucunda gerçekleşir. Histolojik ve morfolojik bulgulara göre, birbirini tamamlayan üç aşamadan oluşan ve bir aşama bitmeden diğer aşamayla başlayan bu sürecin %10'u inflamasyon dönemi, %40'ı tamir dönemi, %70'i yeniden şekillenme dönemidir (Doblare ve Garcia, 2003).

2.7.1. İnflamasyon Fazı (Hematom Fazı)

Kırık sonucu; periost, endosteum, çevre yumuşak dokular, kan ve lenf damarları parçalanır. Kırık uçları arasındaki kemik iliğinde ve etrafındaki dokularda kan ve lenf sıvısı toplanır. Vazodilatasyon ve plazma eksüdasyonu sonucu kırık bölgesinde ilk 24 saatte ödem oluşur. Polimorf çekirdekli lökositler, monositler ve lenfositlerden oluşan akut enflamasyon hücreleri ödemli bölgeye doğru göç eder. Taşan kan, sellüler debris ve doku parçaları, kırık sahasını bir hematoma içine sarar. Kanamanın durmasını ve pıhtılaşmayı sağlamak için trombosit ve trombotik faktörler yara bölgesine salınır. Periosteumdan bölgeye fibroblastların ve yeni kapiller damarların yayılmasından sonra, lökositler, monositler ve makrofajlar da bölgeye göç ederek granülasyon dokusunu yaparlar (Benfu ve Xueming, 1979; Frost, 1989).

2.7.2. Tamir Fazı (Granülasyon ve Kallus Oluşumu Fazı)

Vaskülarize granülasyon dokusunun meydana gelmesinden sonra endosteum ve periosteumdan öncü mezenşimal hücreler ve osteoprogenitör hücreler farklılaşarak yara bölgesine gelirler. Ayrılmamış kırıklarda endosteum, ayrılmış kırıklarda periost hücrelerinin kırık iyileşmesinde aktif rolleri vardır. Kapiller artışla birlikte lokal öncü hücreler büyük bir hızla kırık alanına ulaşır. Bu hücreler osteoblastlara, fibroblastlara ve kondroblastlara farklılaşarak osteoid, kollajen ve kartilaj oluşumunu sağlayarak mineralizasyonun oluşacağı iskeleti meydana getirirler. Osteoblastlar kollajen liflerin dağılımını düzenler ve bunların üzerine kalsiyum iyonlarının çökmesi ile sert kallus oluşur. Kırık dokuda alkalik fosfat salgılanarak kırık dokuda matriks kalsifiye olmaya başlar. Kalsifiye doku içinde kalan kondrositler difüzyonla beslendikleri için ölür ve

buldukları yerlerde lakünalar meydana gelir. Kalsifiye doku içinde kalan osteoblastlar ise osteositlere dönüşerek dağılık trabeküler kemik ağını yapar (Frost, 1989).

2.7.3. Yeniden Şekillenme Fazı (Remodelasyon Fazı)

Kemik iyileşmesinin en uzun süren fazı olan yeniden şekillenme fazı ortalama 1 yıl devam etmektedir. Kemiğin yeniden şekillenmesinde; mekanik faktörler, kan dolaşımı, endokrin, mineral yapı ve biyoelektrik etkiler gibi faktörler önemli rol oynamaktadır. Bu fazda, mekanik olarak kuvvetli fakat mikroskobik olarak düzensiz olan kallus organize olan lamellar kemik ile yer değiştirir. Osteoklast ve osteoblastların aktivasyonu ile sert kallusun başlangıç konturları orijinal kemiğin mikro-mimari yapısına ve dayanıklılığına sahip kemik dokusuna dönüşür. Bu dönem sonunda, kemik korteksi ve kemik iliği devamlılığı kazanılmış olur (Kılıçoğlu, 2002).

2.8. Biyomekanik

Biyomekanik, biyoloji ve mühendislik bilimlerinin yaşayan canlılar üzerinde uygulama alanıdır. Biyomekanik çalışmalarda, mühendislik yöntemleri de kullanılarak, canlıların nasıl hareket ettikleri, hareketlerinin nasıl kontrol edildiği ve hareket sırasında değişik bölümlerde oluşan kuvvet sisteminin etkisi, canlı ve cansız dokular üzerinde zorlanma durumları incelenmekte, tedavi yöntemleri test edilmekte ve geliştirilmektedir (Rudderman ve Mullen, 1992).

Geleneksel biyomekanik testlerin uygulanması sırasında kullanılan temel biyomekanik terimler, deneylerin uygulanması ve sonuçların yorumlanması açısından önemlidir (Çimen, 2011).

Kuvvet: Bir cismin hareketini başlatan, değiştiren veya durduran herhangi bir dış etki kuvvet olarak adlandırılır.

Gerilim: Bir cismi ko-lineer kuvvetlerin zıt yönde çekmesi ile cismin boyca uzamasına veya ence daralmasına neden olan yükleme modülüdür.

Kompresyon: Bir cismi ko-lineer kuvvetlerin aynı yönde çekmesi ile cisimde oluşan yükleme modülüdür. Bu kuvvet cismin boyca kısalmasına, ence genişlemesine neden olur.

Stres: Bir cismin herhangi bir kesitine dışarıdan uygulanan dik veya paralel kuvvetlerin bu kesit alanına bölünmesiyle bulunan büyüklüktür. Stresin birimi Pa'dır (N/cm^2) (Çimen, 2011; Ayalı, 2012).

Gerinim (Deformasyon): Bir cisme kuvvet uygulanması sonucu cisimde meydana gelen birim uzunluktaki değişim Şeklinde tanımlanır. Gerinim elastik veya plastik ya da her iki halden birden olabilir. Gerilim oluşturan kuvvet aynı zamanda gerinim de meydana getirmektedir. Gerinim atomların yer değiştirme miktarı olarak da ifade edilebilir. Atomların arasında yer deęiŐtirmeye karşı koyan kuvvetler gerilim iken, atomların yer değiştirme direnci gerinimdir. Gerilim, büyüklüğü ve yönü olan bir kuvvet iken, gerinim bir kuvvet değil, sadece bir büyüklüktür. Önceki boyut ile yeni oluşan boyutun karŐılaŐtırması olduğu için birimi % olarak bildirilir. Değişimdeki oranın yüz ile çarpılması ile elde edilir (Çimen, 2011; Ayalı, 2012).

Esneklik Kat Sayısı, Young Modülü, Elastik Modül: Deformasyonun, elastik cismin herhangi bir noktasındaki gerilimin gerinime oranı ya da bir başka deyiŐle birim alanda oluşan gerilmedir. Yük altındaki cismin moleküllerinin, çekim kuvvetinin birim uzamaya gösterdiği iç dirençtir. Cismin etki altında kaldığı kuvvete karşı direncini belirler ve her madde için farklı değerdedir. Elastik modül ne kadar yüksekse cisim deformasyona karşı o derece dirençlidir. Birimi Pa'dır (N/cm^2). Elastik modül ya da esneklik kat sayısı, ilk olarak İngiliz fizikçi Thomas Young tarafından hesaplandığı için "Young modülü" olarak da adlandırılır (Çimen, 2011).

Poisson Oranı: Gerilme ya da sıkıştırma yükleri altında cisimlerin elastik sınır içerisinde, enindeki birim uzamanın boyundaki birim uzamaya oranına poisson oranı denir. Çekme yüklemesi altında, yüklemenin yönünde materyal uzadığında çapraz kesitte azalma vardır. Basma yüklemesi altında çapraz kesitte bir artış vardır. Elastik sınırlar içerisinde lateral gerinimin aksiyel gerinime oranı poisson oranı olarak tanımlanır (Çimen, 2011; Ayalı, 2012).

Elastik Deformasyon: Üzerindeki stres kaldırıldığında cismin eski haline dönmesidir.

Plastik Deformasyon: Üzerindeki deformasyon kaldırıldığında cismin eski haline dönememesidir.

İzotropik Materyal: Cismin, farklı doğrultularda aynı elastik özellikleri göstermesidir. Tüm yönlerdeki elastik özellikleri aynıdır (kâğıt gibi). Buldukları koordinat sisteminden bağımsızdırlar (Çimen, 2011).

Ortotropik Materyal: Farklı yönlerden kuvvet uygulandığında farklı mekanik özellikler gösterirler. Bu cisimlerin elastik modülü, kuvvetin uygulandığı yöne göre değişiklik gösterir (kemik gibi) (Çimen, 2011).

Hooke Kanunu: Birim şekil değiştirmeler ile gerilimler arasında doğrusal bir ilişki olduğunu kabul eden bir kanundur ($F = -kx$). Formüldeki eksi işareti kuvvetin her zaman yer değiştirme yönüne ters olduğunu belirtir. Gerilim ve gerilme arasındaki ilişkiyi gösteren eğri, cisme kuvvet uygulandığında cisimde ne kadar bozulma olacağını tahmin etmeye yarar (Çimen, 2011).

Yorgunluk: Yükleme sonucu materyalde oluşan kırılmazdır.

Bükülme: Cismin uygulanan kuvvet sonucunda bir eksen etrafında hareket etmesidir. Cismin bükülen yüzeylerinde karşılıklı olarak kompresyon ve gerilim oluşur.

Von Mises Yükleri: Tek merkezli gerilim ve kompresyon sırasında materyali deforme etmek için gerekli olan kuvvettir (Çimen, 2011).

2.8.1. Kırık Biyomekaniği

Kemik kırıkları, kırık sırasında açığa çıkan enerji miktarına bağlı olarak düşük, yüksek ve çok yüksek enerjili olmak üzere üç gruba ayrılır. Kırıklar, kemiğin son gücünü aşan tek bir yük tarafından veya daha düşük büyüklükteki tekrarlayan yüklerin uygulanmasıyla oluşabilir. Tekrarlayan yüklerin uygulanması ile oluşan kırık yorgunluk veya stres kırığı olarak adlandırılır (Gürsoy, 2005).

Kırıklar, kendilerini oluşturan kuvvete göre de gruplandırılabilir. Normalde tek uygulama ile kırık oluşturmayacak büyüklükteki travmanın, uzun süre boyunca uygulanması ve tekrarlanması sonucu kırık oluşabilir. Bunun yanında kemik yaşayan bir dokudur ve travma periyotları arasında, mikroskobik kırıkların çevresinde yeni kemik oluşumu ve periostal kallus oluşumu görülebilir. Kemik mekanik ihtiyaçlara göre yapısını, şeklini ve boyutunu değiştirerek tekrar şekillenme yeteneğine sahiptir (Gürsoy, 2005).

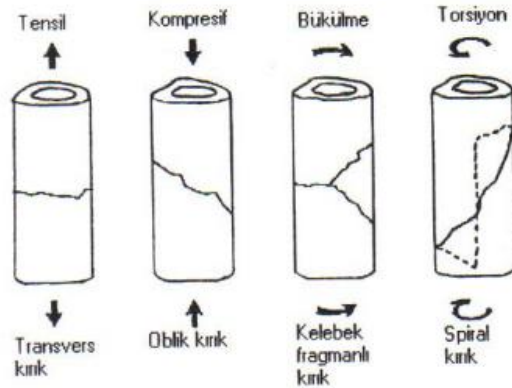
Tek uygulama ile oluşan kırıklar, kuvvetin büyüklüğüne ve uygulanma alanının genişliğine göre gruplandırılabilir. Travma direkt olarak etki ettiğinde yumuşak doku yaralanması ve kırık fragmanlarda parçalanma miktarı artmaktadır. Kuvvetin uygulama yerine bakılmaksızın kemikte kompresyon, gerilim, makaslama, bükülme, rotasyon kuvvetleri veya hepsinin kombinasyonu şeklinde yüklenmeler ortaya çıkar. Kortikal kemik genellikle gerilim ve makaslama kuvvetlerine karşı zayıftır. Kemiğin uzun aksına

ne kadar büyük oranda gerilim stresi uygulanırsa kemiğin kırılması o kadar kolaylaşır. Erişkin kortikal kemiği kompresyona daha dayanıklı iken, gerilim güçlerine karşı daha zayıftır (Gürsoy, 2005).

Transvers kırıklar saf gerilim kuvvetlerinin veya bükülme kuvvetlerinin sonucu oluşur. Kemikte gerilim kuvvetine karşı yetersizliğin ilk cevabı; parçalı olmayan transvers kırıktır. Bükülme kuvvetleri ile kemikte basit transvers bir kırık hattı oluşur.

Oblik kırıklar düzensiz bükülme kuvveti ile oluşabilir. Kompresyon altındaki korteks, tensil stres ile oluşan kırığın tüm kemik hattı boyunca yayılmasından önce oluşan makaslama kuvveti ile kırılır. Böylece kompresif tarafta parçalanma oluşur ve tek veya multipl kelebek fragmanlı kırık oluşur.

Spiral kırık saf torsiyonel yaralanmalar sonucu oluşur. İki farklı kırık çizgisi mevcuttur; biri kemik etrafında dönen açılı bir çizgi, diğeri de spiralin proksimal ve distaline uzanan, uzunlamasına kırık çizgisidir (Gürsoy, 2005) (Şekil 21).



Şekil 21. Kuvvetlere göre kırık şekilleri (Gürsoy'dan, 2005)

Kemiğin elastisite modülüsü ve enerji absorbe edebilme kapasitesi tek travma ile kırık oluşumunda birlikte rol oynamaktadır. Kemiğe yük bindiren cismin kinetik enerjisi $\frac{1}{2} MV^2$ formülü ile hesaplanmaktadır. M harfi cismin kütlelerini, V harfi ise cismin hızını gösterir. Bu formüle göre hızdaki çok az artış bile enerjide büyük artışlara sebep olmaktadır. Ani yüklenmeye maruz kalan kemik yavaş yavaş yük binen kemikten daha fazla enerji absorbe etmek zorundadır. Yüklenme anında ise absorbe edilen enerji kemikte kırılma ile boşalmaktadır ve bu durum ani yüklenmeler sonucu oluşan kırıklarda, daha fazla yapısal değişikliklerin ortaya çıkmasına, daha fazla fragman parçalanmasına ve daha çok deplasman olmasına neden olmaktadır. Aynı durum

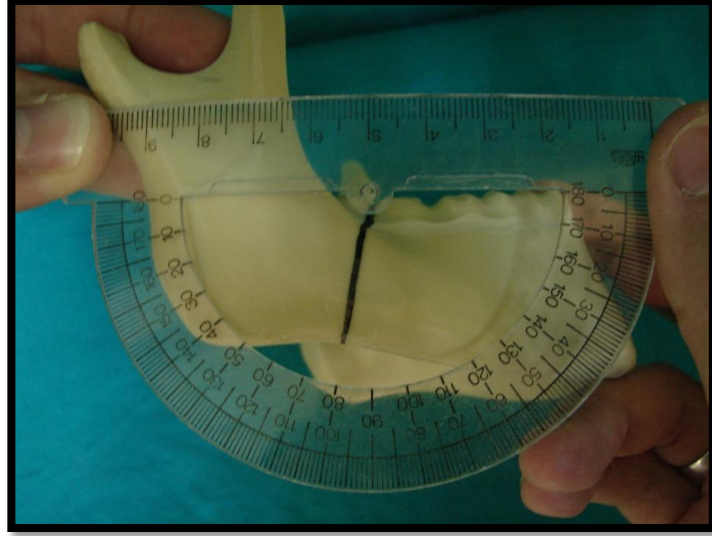
indirekt kırıklarda da geçerlidir. Düşük hızlı, bükülme ve tensil stres sonucu oluşan kırıkta tek kelebek fragman oluşurken, yüksek hızlı aynı mekanizmalı kırıkta çok sayıda kelebek fragman oluşur. Bükülme komponenti olmadan sadece yüksek hızlı torsiyon mekanizması ile parçalı spiral kırıklar oluşabilir (Gürsoy, 2005).

3. MATERYAL VE METOT

Çalışmamız OMÜ Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarında yapıldı ve OMÜ Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından PYO.DIS.1904.13.005 nolu proje adı altında desteklendi.

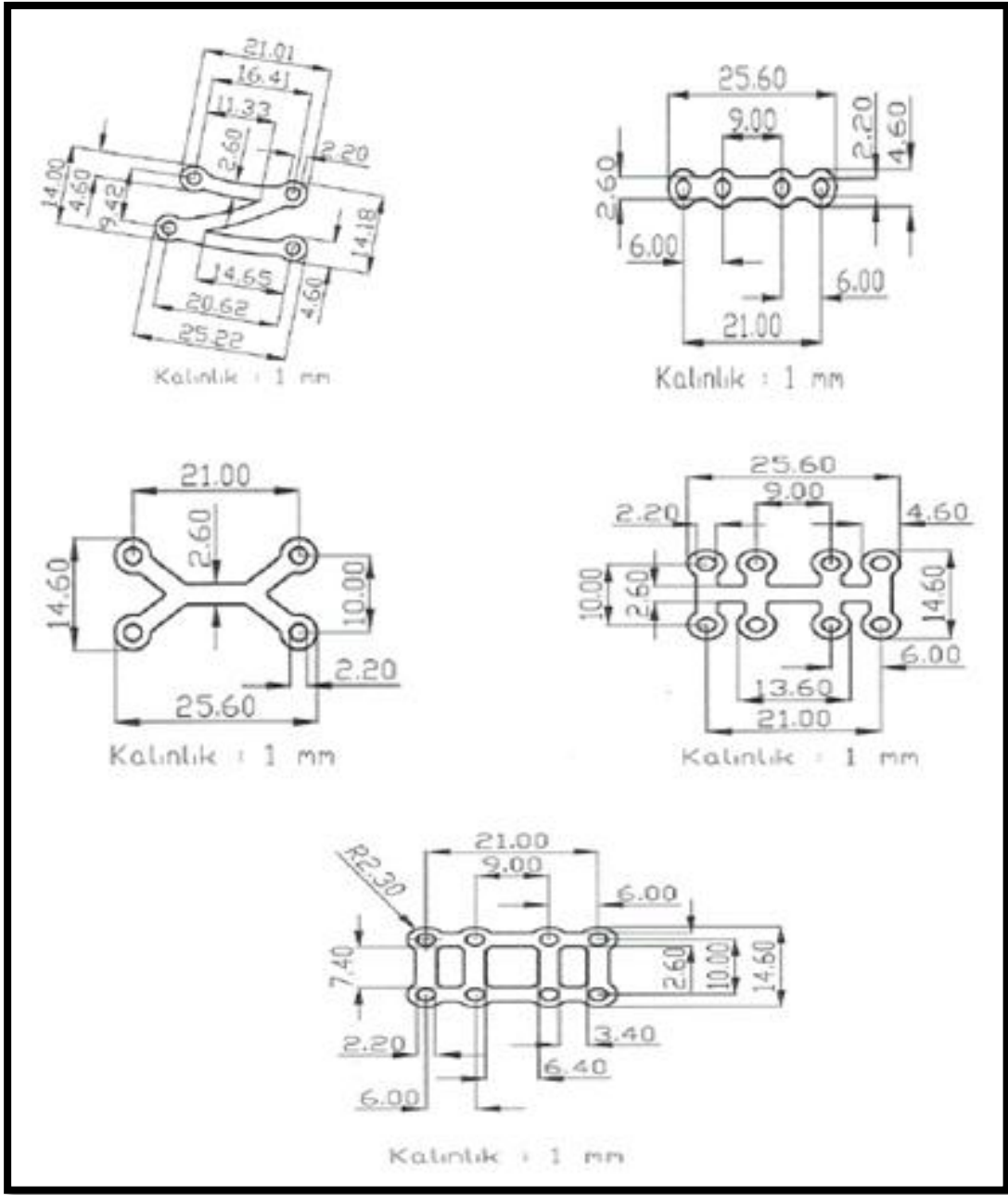
Çalışmamızda dış yüzeyi kortikal, iç yüzeyi spongiyöz kemiği taklit edecek şekilde üretilmiş 42 adet poliüretan mandibula modeli kullanıldı (Synbone 8596, Malans, İsviçre). Her grupta yedi örnek olacak şekilde mandibula modelleri altı gruba ayrıldı.

MAK, testere yardımıyla ikinci ve üçüncü molar dişlerin arasından başlayarak mandibula angulus bölgesinin inferior kenarına doğru uzanan yaklaşık 80 derecelik bir açı oluşturacak şekilde bikortikal osteotomi yapılarak gerçekleştirildi (Şekil 22).



Şekil 22. Modellerde uygulanan MAK hattı

Bu çalışmada farklı ebatlarda tasarımı yapılan özel üretim 316-L paslanmaz çelik modifiye mini plaklar (Bahadır, Samsun, Türkiye) kullanıldı (Şekil 23). Tüm modellerde 1,6 mm çaplı frezlerle yuva açılarak 2,0 mm çapında 8 mm uzunluğunda self-tapping titanyum mini vidalar (BioMaterials Korea, Seoul, Kore) ile fiksasyon sağlandı.



Şekil 23. Tasarımı yapılan mini plakların genişlik, uzunluk, çap ve kalınlık ölçüleri

Birinci gruptaki her bir mandibula modeline Champy ve ark. (1975)'nin tarif ettiği şekilde, eksternal oblik sırta dört delikli bir adet düz monokortikal mini plak uygulandı (Şekil 24).



Şekil 24. Bir adet dört delikli düz mini plak ile fiksasyonu yapılmış model

İkinci gruptaki her bir mandibula modeline biri eksternal oblik sırtın bukkal yüzeyine, diğeri bu plağın 5 mm altında ve birinci plaktan farklı doğrultuda olacak şekilde (biplanar) iki adet dört delikli düz mini plak uygulandı (Şekil 25).



Şekil 25. İki adet dört delikli düz mini plak ile fiksasyonu yapılmış model

Üçüncü gruptaki modellere dört delikli Z şeklindeki modifiye mini plak İAS seyri göz önünde bulundurularak mandibulanın bukkal yüzeyine uygulandı (Şekil 26).



Şekil 26. Z şeklindeki dört delikli mini plak ile fiksasyonu yapılmış model

Dördüncü gruptaki modellere dört delikli X şeklindeki modifiye mini plak İAS seyri göz önünde bulundurularak mandibulanın bukkal yüzeyine uygulandı (Şekil 27).



Şekil 27. X şeklindeki dört delikli mini plak ile fiksasyonu yapılmış model

Beşinci gruptaki modellere sekiz delikli uçları açık dikdörtgen şeklindeki modifiye mini plak İAS seyri göz önünde bulundurularak mandibulanın bukkal yüzeyine uygulandı (Şekil 28).



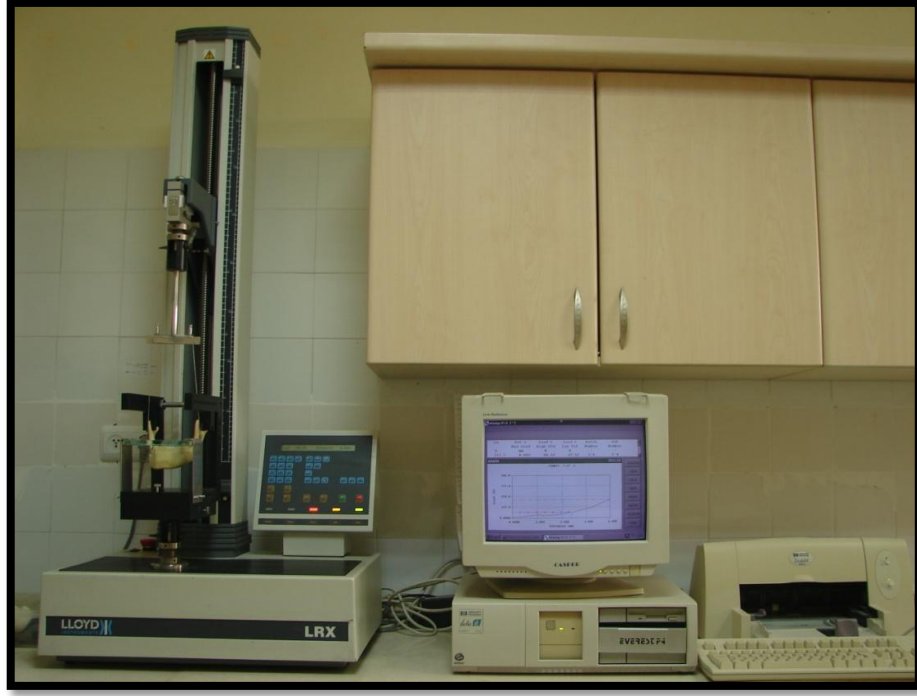
Şekil 28. Uçları açık dikdörtgen şeklindeki sekiz delikli mini plak ile fiksasyonu yapılmış model

Altıncı gruptaki modellere ise sekiz delikli 3D modifiye mini plak İAS seyri göz önünde bulundurularak mandibulanın bukkal yüzeyine uygulandı (Şekil 29).



Şekil 29. Sekiz delikli 3D mini plak ile fiksasyonu yapılmış model

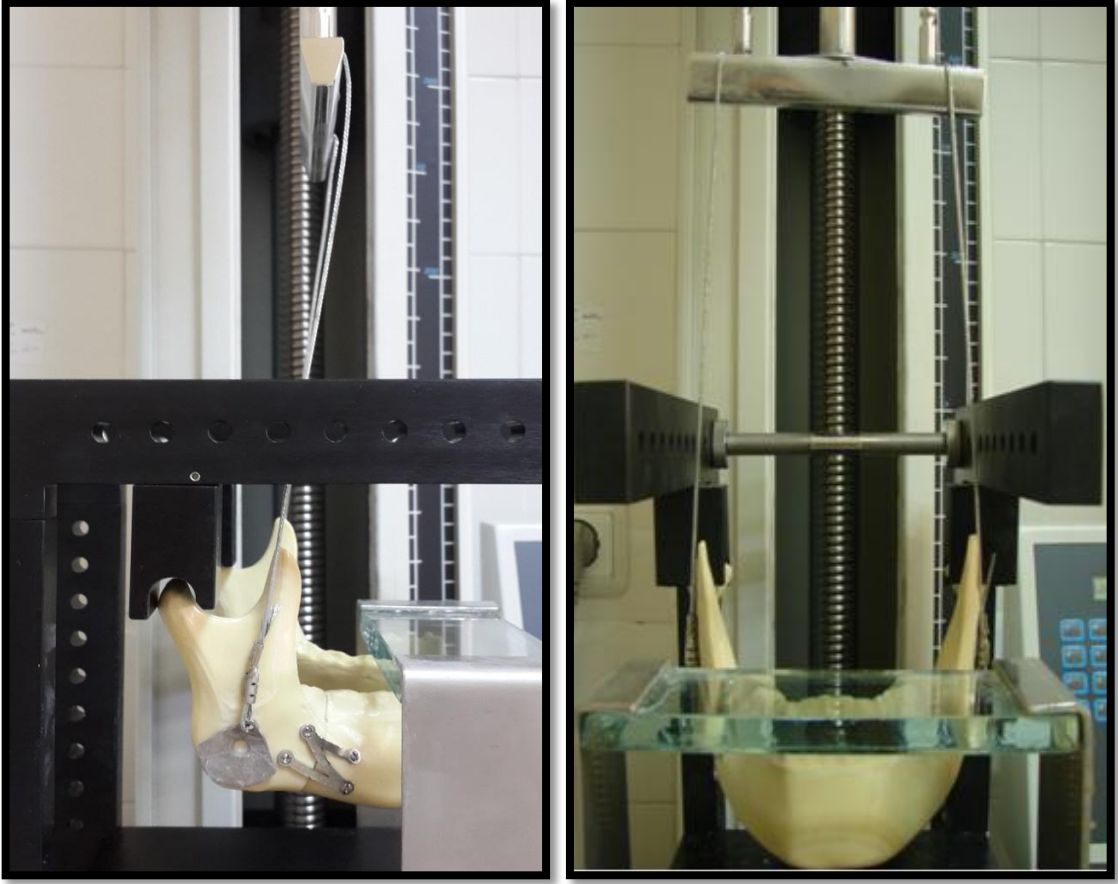
Yapılacak biyomekanik test için kurulan deney düzeneği, modelin kondil ve kesici dişlerden sabitlenerek mandibula angulus bölgesinden üç boyutlu çekme kuvveti uygulamaya imkân veren özel üretim bir fiksasyon aygıtı, çekme testi uygulayabilen servohidrolik test cihazı, bu cihaza bağlı bir bilgisayar ve yazıcıdan oluşmaktaydı (Şekil 30).



Şekil 30. Hazırlanan deney düzeneği

Deneyde kullanılan Ünersal test cihazı (Lloyd LRX, Lloyd Instruments PIC, İngiltere) çekme, basma, yukarı ve aşağı olmak üzere iki yönde makaslama, yırtma kırma, eğme, ezme, testleri yapabilme, tüm bu verileri bilgisayara aktarabilme, 2500 kg yük kapasitesi ile maksimum 5000 kg'ye çıkabilme özelliklerine sahiptir.

Üç boyutlu çekme kuvvetinin uygulanabilmesi için modellerin her iki tarafında massater kasın yapışma yeri olan angulus mandibula bölgesine çelik tel yardımıyla çekme kuvveti uygulamayı sağlayacak çelik halkalar siyanoakrilat yapıştırıcıyla (Pattex, Henkel, Almanya) yapıştırıldı ve mandibula anatomisine göre özel olarak tasarlanan deney modeline yerleştirildi (Şekil 31). Deney işlemi sırasında tüm mandibula modellerine çekme kuvvetini uygulayan çelik telin çeneyi kapatan kasların kuvvet yönü vektörlerinin bileşkesi doğrultusunda olması için ve mümkün olduğu kadar standart ölçüm başlangıcı yapılabilmesi için 5 N'lik ön yükleme yapıldı. Daha sonra uygulanan kuvvet miktarı sıfırlanarak deneye başlandı. Her örnekte 4 mm deplasman oluşuncaya kadar çekme kuvvetine devam edildi. Deplasman oluşturmak için uygulanan kuvvet miktarları servohidrolik test cihazı için özel olarak hazırlanmış bir yazılımla 2 mm ve 4 mm deplasman oluştuğunda ölçmeyi sağlayacak şekilde dijital olarak kaydedildi.



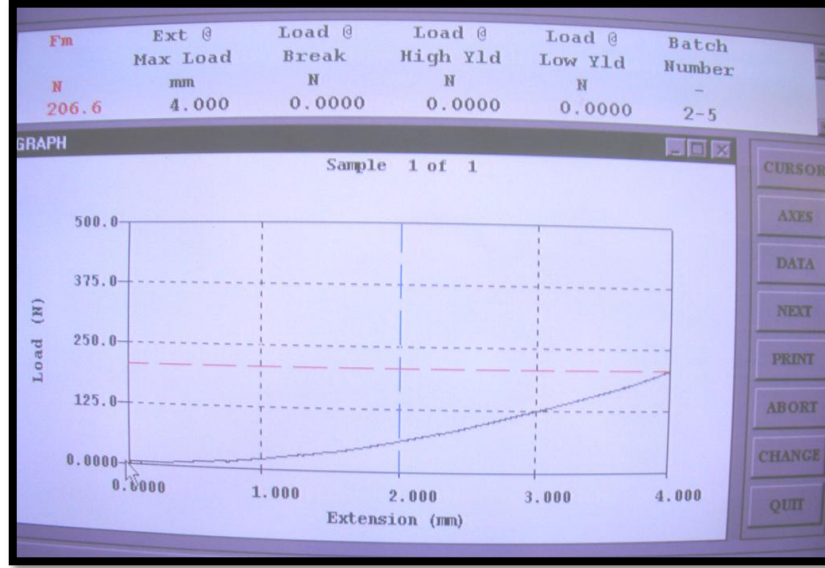
Şekil 31. Üç boyutlu çekme kuvveti oluşturmak için mandibula anatomisine göre tasarlanan cihaza yerleştirilmiş model

3.1. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler SPSS versiyon 21,0 yazılımı kullanılarak yapıldı. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu görsel (histogram ve olasılık grafikleri) ve analitik yöntemler (Shapiro-Wilk testi) kullanılarak incelendi. Tanımlayıcı analizler normal dağılan değişkenler için ortalama ve standart sapmalar kullanılarak verildi. 2 mm ve 4 mm deplasman değerlerinde oluşan kuvvet miktarlarının normal dağılım gösterdiği belirlendiğinden bu parametreler modifiye mini plak grupları arasında tek yönlü ANOVA testi kullanılarak karşılaştırıldı. P değerinin 0,05'in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar şeklinde değerlendirildi. Gruplar arasında anlamlı farklılık bulunan durumlarda, ikişerli post-hoc karşılaştırmalar Tukey testi kullanılarak yapıldı.

4. BULGULAR

MAK'ın fiksasyonunda uygulanan modifiye mini plak sistemlerin stabilitesini karşılaştırmak amacıyla yapılan biyomekanik testler sonucunda, her bir mandibula modeli için ayrı ayrı oluşan ve dijital olarak kaydedilen grafikler üzerinden 2 ve 4 mm deplasmanda oluşan kuvvet değerleri hesaplandı (Şekil 32).



Şekil 32. Her örnek için oluşturulan dijital grafik örneği

x eksenini: Deplasman (mm)

y eksenini: Kuvvet (N)

Modellerin 2 ve 4 mm deplasman değerlerinde oluşan kuvvet miktarları Tablo 1 ve 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. 2 mm deplasman değerinde oluşan kuvvet miktarları

MODEL NO	Grup 1*	Grup 2*	Grup 3*	Grup 4*	Grup 5*	Grup 6*
1	64	72	129,5	107	58	156
2	59,7	65	56	50	79	171
3	44	61,5	78	45	55	52,5
4	27	50,8	58,6	46	50	98,4
5	88	62,5	80,5	101	69,6	157,3
6	86,2	127	130,1	34	128,4	125
7	74	46,2	97,2	47	47,7	72,5

*=Değerler Newton cinsinden verilmiştir.

Tablo 2. 4 mm deplasman değerinde oluşan kuvvet miktarları

MODEL NO	Grup 1*	Grup 2*	Grup 3*	Grup 4*	Grup 5*	Grup 6*
1	128,5	279,5	325	194,9	151,1	292
2	102,6	197	189,8	142,9	272	377,3
3	126,1	218,4	193,6	129,4	151,1	261,6
4	125,9	213,7	235,4	151,1	112,1	274,1
5	164,1	206,6	205	257,5	233	381,5
6	151,8	282,5	313,9	141,8	256,2	368,3
7	148,8	223,4	314,1	169	139,4	257,5

*=Değerler Newton cinsinden verilmiştir.

İstatistiksel olarak karşılaştırılacak olan, 2 ve 4 mm deplasman değerlerinde oluşan kuvvet miktarları (N) değişkenleri için tanımlayıcı istatistiksel veriler (ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri) Tablo 3'te gösterilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Değişkenler için tanımlayıcı istatistiksel değerler

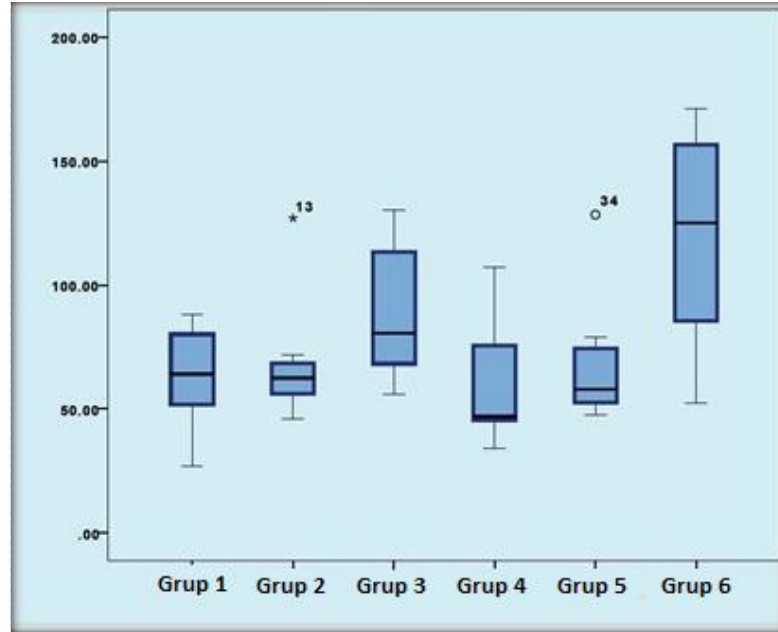
Grup	Deplasman Değeri	Ortalama*	Standart Sapma	Minimum*	Maksimum*
1	2 mm	63,27	8,38	27,00	88,00
	4 mm	135,40	7,82	102,60	164,10
2	2 mm	69,28	10,16	46,20	127,00
	4 mm	231,58	13,15	197,00	282,50
3	2 mm	89,98	11,54	56,00	130,10
	4 mm	253,82	23,27	189,80	325,00
4	2 mm	61,42	11,17	34,00	107,00
	4 mm	169,51	16,76	129,40	257,50
5	2 mm	69,67	10,64	47,70	128,40
	4 mm	187,84	24,19	112,10	272,00
6	2 mm	118,95	17,31	52,50	171,00
	4 mm	316,04	21,54	257,50	381,50

*=Değerler Newton cinsinden verilmiştir.

Verilerin karşılaştırılması için tek yönlü varyans analizi yapıldı ve gruplar arasında istatistiksel olarak fark bulundu ($p < 0,05$). Gruplar arasında 2 mm deplasman

değerinde en az kuvvet miktarı Grup 4’te gözlenirken, en fazla kuvvet miktarı ise Grup 6’da gözlemlendi. 2 mm deplasman değerinde oluşan kuvvet miktarlarında Grup 6 ile Grup 1 ve Grup 4 arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark bulunmasına rağmen ($p<0,05$), Grup 6 ile Grup 2, Grup 3 ve Grup 5 arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0,05$). Ayrıca Grup 1, 2, 3, 4 ve 5 arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0,05$).

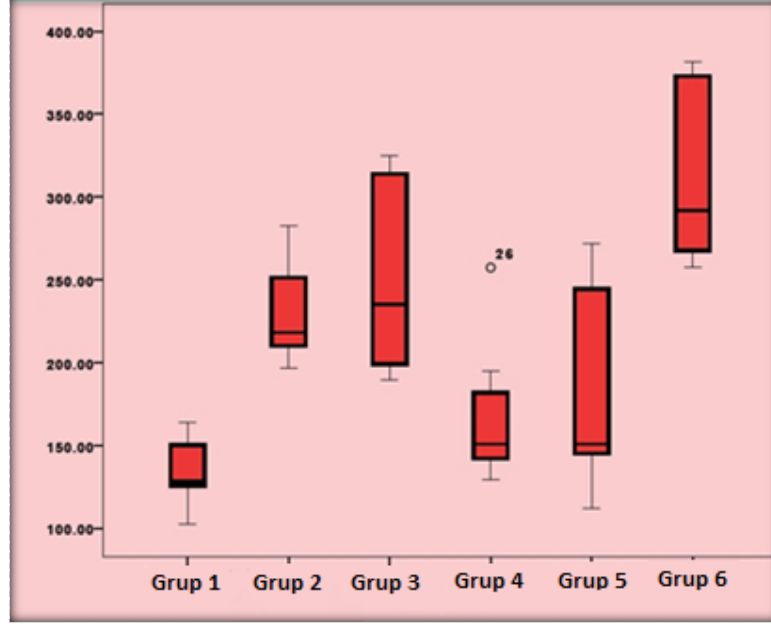
2 mm Deplasman-Kuvvet ilişkisine dair yapılan istatistiksel değerlendirmelerin ortalama etrafında dağılımları Şekil 33’de gösterilmiştir.



Şekil 33. Her grupta 2 mm deplasmanda oluşan kuvvet değerlerinin ortalama etrafında dağılımları

Gruplar arasında 4 mm deplasman değerinde en az kuvvet miktarı Grup 1’de gözlenirken, en fazla kuvvet miktarı Grup 6’da gözlenmiştir. İstatistiksel veriler incelendiğinde 4 mm deplasman değerinde oluşan kuvvet miktarlarında Grup 6 ile Grup 1, Grup 2, Grup 4 ve Grup 5 arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmasına rağmen ($p<0,05$), Grup 6 ile Grup 3 arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0,05$). Ayrıca Grup 1 ile Grup 2, Grup 3 ve Grup 6 arasında; Grup 2 ile Grup 1 ve Grup 6 arasında; Grup 3 ile Grup 1 ve Grup 4 arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu ($p<0,05$).

4 mm Deplasman-Kuvvet ilişkisine dair yapılan istatistiksel değerlendirmelerin ortalama etrafında dağılımları Şekil 34’de gösterilmiştir.



Şekil 34. Her grupta 4 mm deplasmanda oluşan kuvvet değerlerinin ortalama etrafında dağılımları

Deney sonunda modellerde kullanılan plak-vida sistemleri incelendiğinde, tüm gruplarda kullanılan plak ve vidalarda gözle görülür herhangi bir deformasyon görülmezken, mandibula modellerinde en fazla bir numaralı grupta olmak üzere tüm gruplarda hem eğilme hem linguale doğru torsiyon gözlemlendi (Şekil 35).



Şekil 35. Deney sonunda mandibula modellerinde görülen eğilme ve linguale doğru torsiyon örnekleri

5. TARTIŞMA

Mandibula angulus bölgesi (%23-42'lik oranla) travma sonrası mandibulada kırığın en fazla görüldüğü bölgelerden biridir (Wittenberg ve ark., 1997; Ellis, 1999; Chrcanovic, 2012). Bu bölgenin kırığa yatkın olmasında sıklıkla bu bölgede üçüncü molar dişlerin yer alması, mandibulanın dişli ve dişsiz bölgeleri arasında geçiş bölgesi olması, üst kısmında kalın alt bölümünde ise ince bir kemik yapısına sahip olması ve biyomekanik olarak bu bölgenin kaldıraç görevi görmesi gibi faktörlerin etkili olduğu bildirilmektedir (Kelly ve Harrigan, 1975; Assael, 1994; Ellis, 1999; Lee ve Dodson, 2000).

MAK mandibuladaki diğer kırıklarla karşılaştırıldığında en yüksek komplikasyon oranına (%0-32) sahiptir (Ellis, 1999; Gear ve ark., 2005; Schaaf ve ark., 2011). Ellis (2002), mandibula angulus bölgesinde görülen bu yüksek postoperatif komplikasyon oranını uygulanan tedavi yöntemlerinin farklı olması, kırığın olduğu an ile tedaviye başlama süresi arasındaki sürenin uzun olması, kırık hattında diş varlığı ve hastanın oral hijyeninin kötü olması gibi faktörlerden kaynaklanabileceğini bildirmiştir. Bu bölgede çekme kuvveti yüksek çiğneme kaslarının bulunması, bölgeye cerrahi ulaşımın zor olması, kırık hattının genellikle molar dişlerin arkasında yer alması nedeniyle İMF ile yeterli fiksasyonun sağlanamaması, genellikle var olan üçüncü molar dişlerin kırık redüksiyonunu engellemesi ve kırık yüzeylerindeki temas alanını azaltması sonucu kanlanmanın bozulması gibi faktörlerin de MAK'ta yüksek komplikasyon oranında etkili olduğu rapor edilmektedir (Assael, 1994; Lee ve Dodson, 2000; Halmos ve ark., 2004). Mandibula angulus bölgesindeki bu yüksek komplikasyon oranı nedeniyle bu biyomekanik çalışma da bu bölge kırıklarının fiksasyonu üzerine yapılmıştır.

Geleneksel tedavi yöntemleri sonrası yüksek olan bu komplikasyon oranları, plak ve vida sistemlerinin geliştirilmesiyle kısmen de olsa azaltılabilmektedir (Ellis ve Walker, 1996). MAK'ın tedavisinde lag vidaları, rekonstrüksiyon plakları, dinamik kompresyon plakları, Champy yöntemine göre monokortikal vidalarla mini plak uygulaması, AO/ASIF felsefesi, kilitli plaklar ve üç boyutlu plaklar gibi birçok yaklaşım olmasına rağmen (Hochuli-Vieira ve ark., 2011), halen ideal bir tedavi metodu hakkında fikir birliğine varılamamıştır.

MAK'ta kullanılan Champy tekniğinin plakların ağız içinden yerleştirilmesi, kırığın redüksiyonu sırasında oklüzyonun doğrudan kontrol edilebilmesi, ekstraoral skar oluşumunun engellenmesi ve fasiyal sinirin marjinal mandibular dalında oluşabilecek olası bir hasardan kaçınılabilmesi gibi birçok avantajı bulunmaktadır (Vineeth ve ark., 2013).

Literatürde yer alan birçok klinik çalışmada da MAK tedavisinde eksternal oblik sırta bir adet mini plak uygulamasının başarılı bir yöntem olduğu bildirilmiştir (Champy ve ark., 1978; Cawood, 1985; Ellis ve Walker, 1996; Schierle ve ark., 1997; Feller ve ark., 2003; Gerlach ve Schwarz, 2003; Chritah ve ark., 2005; Murr, 2005; Siddiqui ve ark., 2007; Ellis, 2010; Kumar ve ark., 2011; Moore ve ark., 2013).

MAK'ın tedavisinde birçok klinik çalışmada başarılı bulunan ve 104 Kuzey Amerika ve Avrupa AO/ASIF cerrahlarının katıldığı bir ankette %51 oranla MAK'ta halen en fazla tercih edilen bu yöntem (Gear ve ark., 2005), çalışmamızda da birinci grupta deneysel olarak uygulanmıştır.

Champy tekniğinin birçok avantajı bulunmasına rağmen kırık bölgesinde mandibulanın inferior kısmında açılma olması, inferior kısımdaki fragmanların laterale deplase olması ve kırık bölgesinde posterior açıklık oluşması gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Vineeth ve ark., 2013). İki mini plak fiksasyonu ile Champy metodunda görülen bu dezavantajların azaltılacağı hatta engellenebileceği bildirilmiştir (Chrcanovic, 2012).

Literatürde birçok klinik çalışmada MAK tedavisinde uygulanan iki mini plakla fiksasyon tekniğinin Champy tekniğine göre daha iyi stabilite sağladığı bildirilmiştir (Levy ve ark., 1991; Ellis ve Walker, 1994; Valentino ve ark., 1994; Schierle ve ark., 1997; Fox ve Kellman, 2003). Bu çalışmalar dikkate alınarak çalışmamızın ikinci grubunda iki adet mini plak fiksasyonu deneysel olarak uygulanmıştır.

MAK'ta uygulanan fiksasyon yöntemlerini biyomekanik olarak inceleyen çalışmalardan ilki Kroon ve ark. (1991) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada poliüretan mandibulalarda oluşturulan MAK, Champy yöntemine göre tek mini plakla fikse edilmiş ve 30 N'lik oklüzal kuvvet uygulanan bu örneklerde kırık bölgenin inferior kenarında gap oluştuğu bildirilmiştir. Çalışma sonucunda tek plak yöntemi ile torsiyonel ve bükülme kuvvetlerine karşı yeteri kadar direnç oluşmadığı için, inferior kenara ikinci

bir plak konularak fiksasyonun arttırılması gerektiği vurgulanmıştır (Kroon ve ark., 1991). Çalışmamızda da tek mini plak ile fiksasyonu yapılan grupta diğer gruplara göre daha fazla gap oluştuğu görülmüştür.

Choi ve ark. (1995a), mandibulaya kuvvet uygulanmasından sonra oluşan kırık aralığını ölçerek iki mini plak ve tek mini plak fiksasyonunu karşılaştırdığı biyomekanik çalışmalarında, iki mini plakla uygulanan fiksasyon tekniğinin Champy tekniğine göre daha dirençli olduğunu bildirmişlerdir.

Wang ve ark. (2006), çiğneme kaslarının uyguladığı kuvveti mekanik olarak taklit eden biyomekanik modelde MAK'ta tek ve iki mini plak fiksasyonunda stres dağılımını incelemişler ve iki mini plak fiksasyonunun Champy tekniğine göre daha iyi stabilite sağladığını bildirmişlerdir.

Alkan ve ark. (2007), MAK'ta Champy tekniği ve iki mini plak uygulamasını karşılaştırdıkları biyomekanik çalışmalarında, iki mini plak uygulanan grubun Champy tekniği uygulanan gruptan istatistiksel olarak daha stabil olduğu sonucuna varmışlardır.

Tüm bu çalışmalarda fiksasyon etkinliği ve stabilizasyon güvenilirliği gösterilmiş olan iki mini plakla fiksasyon tekniği çalışmamızda da Champy tekniğinden istatistiksel olarak daha stabil olduğu sonucuna varılmıştır.

Literatürde MAK'ta uygulanan iki adet mini plakla fiksasyon uygulamasının iki farklı şekilde yapıldığı bildirilmiştir. Bunlar, iki plağın aynı düzlemde ve mandibulanın lateral yüzeyine uygulandığı monoplanar yönde plak uygulaması ile plaklardan birinin eksternal oblik sırta, diğerinin de mandibulanın süperior veya inferior bukkal korteksine uygulandığı biplanar yönde plak uygulamasıdır (Chrcanovic, 2012).

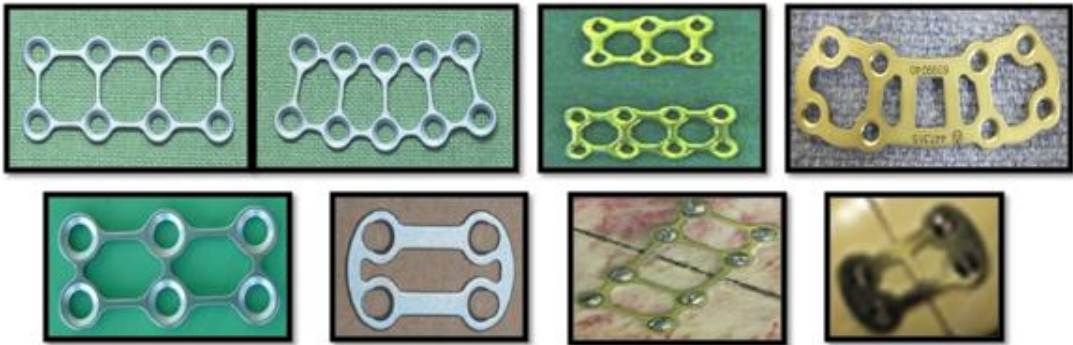
Fedok ve ark. (1998), poliüretan mandibulalarda oluşturdukları MAK'ta monoplanar ve biplanar yönde yerleştirilen plaklardan biplanar yönde yerleştirilen plakların diğerlerine göre daha stabil olduğu, monoplanar yönde yerleştirilen plakların ise torsiyonel ve lateral kuvvetlere karşı direncinin daha düşük olduğu sonucuna varmışlardır.

Alkan ve ark. (2007), biyomekanik çalışmalarında biplanar yönde plak uygulamasının monoplanar yönde plak uygulamasından daha fazla stabilite sağladığını bildirmişlerdir.

Bu bilgiler dikkate alınarak çalışmamızda iki mini plak uyguladığımız ikinci gruptaki mini plaklar biplanar yönde yerleştirilmiştir.

3D plaklar ilk kez 1992 yılında Farmand tarafından iki dört delikli plağın birbirine barlarla bağlanması şeklinde tanımlanmıştır (Farmand ve Dupoirieux, 1992; Farmand, 1993). Bu plakların torsiyonel kuvvetlere karşı direncinin yüksek olduğu ve elde edilen bu yüksek stabilitenin plakların kalınlığı ve uzunluğu ile ilişkili olmadığı, plak konfigürasyonuna bağlı olarak üç boyutlu yüzey alanı sayesinde elde edildiği bildirilmiştir (Farmand ve Dupoirieux, 1992; Farmand, 1996; Vineeth ve ark., 2013). Mandibular osteosentezde bu plakların standart mini plak kalınlığında (1mm) kullanılması gerektiği de önerilmiştir (Farmand, 1996; Zix ve ark., 2007). Çalışmamızda altıncı grupta kullanılan 1 mm kalınlığında, sekiz delikli dikdörtgen şeklindeki modifiye plağın iki adet dört delikli plağın vertikal barlarla birleştirilmesi şeklinde tasarlanmasıyla, Farmand'ın tarif ettiği 3D mini plak profiline uyduğunu düşünmekteyiz.

Literatür incelendiğinde 3D plaklarla ilgili yedi biyomekanik çalışma (Farmand, 1996; Wittenberg ve ark., 1997; Piffkò ve ark., 2003; Alkan ve ark., 2007; Kalfarentzos ve ark., 2009; Lovald ve ark., 2009; Negreiros Lyrio ve ark., 2013) ve on klinik araştırma (Feledy ve ark., 2004; Guimond ve ark., 2005; Zix ve ark., 2007; Bui ve ark., 2009; Goyal ve ark., 2011; Hochuli-Vieira ve ark., 2011; De Melo ve ark., 2012; Höfer ve ark., 2012; Vineeth ve ark., 2013; Moore ve ark., 2013) bulunmaktadır. Literatürde farklı çalışmalarda kullanılan 3D plaklar Şekil 36'da gösterilmektedir.



Şekil 36. Literatürde yer alan 3D plaklar (Alkan ve ark.'tan, 2007, Zix ve ark.'tan, 2007, Goyal ve ark.'tan 2011, Hochuli-Vieira ve ark.'tan, 2011, Vineeth ve ark.'tan, 2013, Moore ve ark.'tan, 2013, Negreiros Lyrio ve ark.'tan, 2013)

Monokortikal vidalarla uygulanan 3D plakların bazı klinik çalışmalarda MAK'ta düşük komplikasyon oranlarına sahip olduğu ve konvansiyonel mini plaklara alternatif olabileceği bildirilmiştir (Feledy ve ark., 2004; Guimond ve ark., 2005; Zix ve

ark., 2007; Bui ve ark., 2009). Fakat 104 Kuzey Amerika ve Avrupa AO/ASIF cerrahinin katıldığı bir ankette bu plakların kullanım oranının %6 oranında olması, halen 3D plakların yaygın bir şekilde kullanılmadığını göstermektedir (Gear ve ark., 2005).

Wittenberg ve ark. (1997), koyun mandibulasında oluşturdukları MAK'ta sekiz delikli 3D plak, sekiz delikli meş plak ve altı delikli rekonstrüksiyon plağını biyomekanik olarak karşılaştırdıkları çalışmalarında gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmadığını, fakat 3D plak veya meş plağın MAK'ta daha kullanışlı olduğunu bildirmişlerdir.

Alkan ve ark. (2007), koyun mandibulasında oluşturdukları MAK'ta Champy tekniği, monoplanar iki adet mini plak uygulaması, biplanar iki adet mini plak uygulaması ve sekiz delikli 3D plak uyguladıkları biyomekanik çalışmalarında 1,75 mm deplasman değerinde oluşan kuvvet miktarlarını karşılaştırmışlardır. 3D plak uygulanan grubun Champy tekniği uygulanan gruptan istatistiksel olarak daha stabil olduğu, fakat monoplanar ve biplanar şekilde uygulanan gruplarla aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir.

Bu çalışma sonucundaki bulgulara paralel olarak çalışmamızda da 2 ve 4 mm deplasman değerlerinde oluşan kuvvet miktarları sonucunda 3D plak uygulanan grubun istatistiksel olarak Champy grubundan daha stabil olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca 3D plak uygulanan grup ile biplanar yerleştirilen iki mini plak grubu arasında 2 mm deplasman değerlerinde oluşan kuvvet miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir. 4 mm deplasman değerlerinde oluşan kuvvet miktarlarında ise 3D plağın biplanar yerleştirilen iki mini plak grubundan istatistiksel olarak daha stabil olması bu çalışmadaki sonuçlarla farklılık göstermektedir. Bu farklılığın 3D plakların farklı konfigürasyonda olması, farklı deplasman değerlerinde (1,75 - 4 mm) oluşan kuvvet miktarlarının karşılaştırılması ve test modellerinin farklı olmasından kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Kalfarentzos ve ark. (2009), sentetik mandibula modelinde oluşturdukları MAK modelinde dört delikli kare 3D plak, sekiz delikli 3D plak, dört delikli iki mini plak ve dört delikli bir mini plağın etkinliklerini karşılaştırmışlardır. Bu biyomekanik çalışmada, kare 3D plak, tek plak ve iki plağın bir tanesini eksternal oblik sırta, diğer plakları ise mandibulanın bukkal yüzeyine yerleştirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda

mekanik kuvvetlere en dirençli plağın Champy modelinde yerleştirilen kare 3D plak olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızda ise mandibula bukkal yüzeye uygulanan sekiz delikli 3D plağın, dört delikli tek mini plak ve iki mini plak gruplarından istatistiksel olarak daha stabil ve dirençli olduğu sonucuna varılmıştır.

Negreiros Lyrio ve ark. (2013), sentetik mandibula modelinde oluşturdukları MAK'ta Champy modeline göre yerleştirilen düz dört delikli mini plak ve iki farklı şekilde dizayn edilen dört delikli 3D plakları karşılaştırdıkları çalışmalarında, 3 ve 5 mm deplasman değerlerinde oluşan kuvvet miktarlarına göre en dirençli plağın Champy modeli olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda ise Champy modelinin uygulandığı grup ile sekiz delikli 3D plak uygulanan grup arasında 2 ve 4 mm deplasman değerlerinde, 3D plak uygulanan grubun istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla kuvvet miktarına sahip olduğu görülmüştür. Bu sonuca göre MAK'ta uygulanan sekiz delikli 3D plağın mekanik kuvvetlere karşı Champy modelinden daha dirençli olduğu sonucuna varılmıştır.

İnternal fiksasyonda uygulanan plakların kırılması, plağın formu ve materyali gibi teknik sorunlar ile plağın fazla eğilmesi, plağın uygun bir şekilde yerleştirilmemesi, yetersiz kırık redüksiyonu ve aşırı frezleme yapılması gibi cerrahi sorunlar nedeniyle görüldüğü bildirilmektedir (Feledy ve ark., 2004; Katakura ve ark., 2004).

Zix ve ark. (2007), MAK'ta sekiz delikli düz ve eğimli 3D plakları kullanarak yaptıkları çalışmalarında karşılaştıkları en önemli komplikasyonun düz 3D plağın kırılması olduğunu bildirmişlerdir. Kırılan düz 3D plağın kalınlığı 1 mm, bar genişliği 0,8 mm, bar uzunluğu ise 5 mm olarak bildirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan düz 3D plağa benzer bir 3D plak koyun mandibulasında test edilmiş ve bu plağın 230 N üzeri kuvvetlerde deformasyona uğradığı bildirilmiştir (Wittenberg ve ark., 1997). Feledy ve ark. (2004), Guimond ve ark. (2005) 3D plağın kırılması şeklinde bir komplikasyonla karşılaşmadıklarını bildirmişlerdir.

Çalışmamızda uyguladığımız 3D plağın kalınlığı 1mm, bar genişliği 2,2 mm, bar uzunluğu ise lateraldeki vida yuvaları arasında 3,4 mm, medial vida yuvaları arasında ise 6,4 mm olarak hesaplanmıştır. Bu plağa 381,5 N kuvvet uygulanmasına rağmen plakta herhangi bir deformasyon ve kırılma gözlenmemiştir. Bu durumun uyguladığımız plak grubundaki bar genişliğinin daha fazla, medial vida yuvaları arasındaki bar uzunluğunun ise daha az tutularak biyomekanik olarak plağın daha

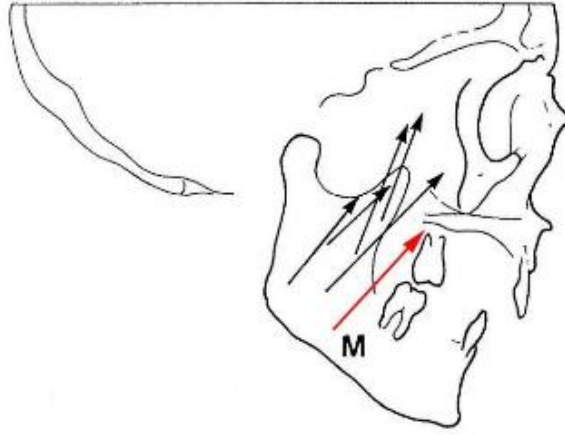
dirençli hale gelmesinden kaynaklandığını düşünmekteyiz. Literatürde de 3D plağın MAK tedavisinde yeterli stabiliteyi sağladığı, fakat uzun barın mekanik olarak kırılmayı kolaylaştırdığı bildirilmektedir (Zix ve ark., 2007).

Biyomekanik çalışmalarda kullanılan sentetik modeller, boyutsal ve mekanik olarak insan anatomisini benzer şekilde taklit etmektedir (Dichard ve Klotch, 1994). Modellerin iç kısmı poröz materyal ile doldurularak süngerimsi kemiğe, dış kısmı ise yoğun materyal ile kaplanarak kortikal kemiğe benzetilmektedir. Bu sentetik modeller hem kortikal hem de spongiyöz tabaka içermeleri, elastik modüllerinin kemiğe benzer olması ve homojen yapıları sayesinde kuvvetleri daha dengeli iletebilmeleri nedeniyle biyomekanik deneyler için güvenle kullanılmaktadır. Ayrıca bu modellerin kullanılması kadavra oranla daha ekonomik ve daha etik olmakla birlikte, hastalık geçişi gibi komplikasyonlar olmadığından kullanımları daha sağlıklıdır (Zhu ve ark., 1994; Bredbenner ve Haug, 2000). Hayvan mandibulası fiziksel özellikler açısından insan mandibulası ile benzer özellikler göstermektedir. Bu durum uygulanacak vidaların fiksasyonu ve stabilitesi açısından önemlidir. Fakat hayvan mandibulasının örnekler arasında standardizasyonun sağlanamaması ve insan mandibulasından boyutsal olarak farklı olması gibi dezavantajları bulunmaktadır (Lauer ve ark., 2007). Yukarıda bahsedilen faktörler dikkate alınarak bu biyomekanik çalışmada sentetik kortikokansellöz poliüretan mandibula modelleri kullanılmıştır.

Rahn ve ark. (1975), koyun hemimandibulalarında osteosentez stabilitesini değerlendirmek için dişlerin oklüzalinden piston şeklinde metal bir rod ile vertikal bir kuvvet uygulayan ve proksimaldeki kemiğin yer değiştirmeden sabit şekilde kalmasını sağlayan bir yöntem (cantilever bending) geliştirmişlerdir. Haug ve ark. (1996), poliüretan mandibulalarda oluşturdukları angulus kırıklarını üç değişik biçimde fiks etmişler ve cantilever bending modeliyle kıyaslama yapmışlardır. Wittenberg ve ark. (1997), koyun hemimandibulalarında oluşturdukları angulus kırıklarında çeşitli fiksasyon teknikleri uygulamışlar ve cantilever bending modeliyle biyomekanik test yapmışlardır. Literatürde yer alan birçok biyomekanik çalışmada MAK'ta uygulanan osteosentez tekniklerinin güvenilirliği, kullanılan mandibulalardaki molar dişlere oklüzal kuvvet uygulanarak test edilmiştir (Kroon ve ark., 1991; Dichard ve Klotch, 1994; Choi ve ark., 1995b; Haug ve ark., 1996; Schierle ve ark., 1997; Wittenberg ve

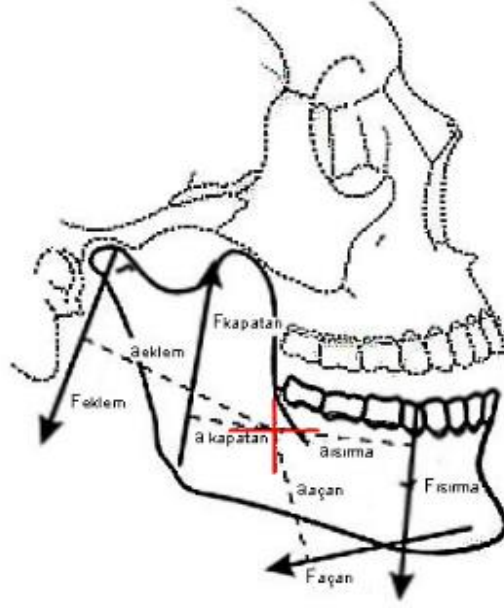
ark., 1997). Bu sistemde dişlerin oklüzeline uygulanan doğrusal kuvvetin çiğneme sırasında oluşan ısırma kuvvetini taklit ettiği düşünülmektedir.

Koolstra ve ark. (1988), insan çiğneme sisteminin üç boyutlu matematiksel modelini tanımladığı çalışmalarında, yaptıkları kuvvet analizleriyle çiğneme fonksiyonu sırasında mandibulada oluşan maksimum ısırma kuvveti vektörünün yönünü göstermişlerdir (Şekil 37). Bu kuvvet vektörü, tüm çiğneme kasları ve bu kasların komponentlerinin anatomik pozisyonlarına göre düzenlenmiş çalışma yönü vektörlerinin bileşkesidir.



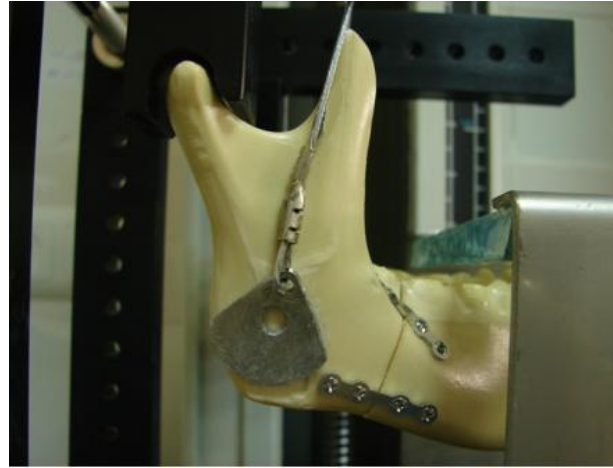
Şekil 37. Çiğneme fonksiyonu sırasında mandibulada oluşan maksimum ısırma kuvveti yönünün bileşke vektörü (M) (Koolstra'dan, 1988)

Ayrıca Koolstra (2002), insan çiğneme sisteminin dinamiklerini incelediği diğer bir araştırmasında, sagittal planda alt çenede oluşan kuvvetleri ve bu kuvvetlerin moment kollarının oluşturduğu ağırlık merkezini göstermiştir (Şekil 38).



Şekil 38. Sagittal planda mandibulaya etki eden kuvvetler (Koolstra'dan çevrilerek uyarlanmıştır, 2002)

Bu tez çalışmasında iki nokta biyomekanik test modellerinde olduğu gibi modellerin iki noktadan sabitlenip tek noktadan basma kuvveti uygulaması yerine, Koolstra'nın araştırmalarında belirttiği şekilde çeneyi kapatan kasların vektörü doğrultusunda çekme kuvveti uygulanmıştır (Şekil 39). Böylelikle uygulanan mini plakların fiksasyon stabilitesinin üç boyutlu test modeliyle daha gerçekçi şekilde değerlendirildiğini düşünmekteyiz.



Şekil 39. Çeneyi kapatan kasların kuvvet yönü vektörü doğrultusunda modele çekme kuvveti uygulanması

Literatürde MAK'ta uygulanan fiksasyon materyallerinin stabilitesini inceleyen biyomekanik araştırmalarda, angulus bölgesinde oluşturulan deneysel kırık hatlarının

farklılık gösterdiği görülmektedir. Bayram ve ark. (2009), koyun mandibulasında oluşturdukları angulus kırığı modelinde, ramusa yükselen en içbükey bölgenin son molar diş 1 cm uzaklıktaki noktasını, oklüzal düzlemlerle 45 derecelik bir açı oluşacak şekilde mandibula angulus bölgesiyle birleştirmişlerdir. Riberiro-Junior ve ark. (2010), ikinci molar dişin distaliyle mandibula angulus bölgesini birleştirecek şekilde kırık hattı oluşturmuşlar, fakat bu kırık hattının kaç derecelik bir açıyla oluşturulduğu hakkında bilgi vermemişlerdir. Bregagnolo ve ark. (2011), poliüretan mandibula modelinde yaptıkları çalışmalarında angulus kırık hattı oluşturmak için ikinci molar dişin 5 mm distalinden mandibula inferior kenara dik indirerek bu noktayı işaretlemişler, bu noktanın 10 mm mezyal ve distalindeki noktalarla kesi hattını oluşturmuşlardır. Esen ve ark. (2012), koyun mandibulasında yaptıkları biyomekanik çalışmalarında kırık hattı oluşturmak için son molar dişin distalinden mandibulanın inferior kenarına doğru 45 derecelik bir açı oluşacak şekilde osteotomi yapmışlardır. Çalışmamızda ise ikinci molar dişin distalinden mandibula angulus bölgesine oklüzal düzlemlerle 80 derece açı oluşacak şekilde kırık hattı oluşturulmuştur.

Haug (1993), plak fiksasyonunda uygulanan vidaların uzunluğu ve sayısı ile ilgili olarak yapılan biyomekanik çalışmada, vida uzunluklarının stabiliteye çok fazla etkisinin olmadığını, ancak en az 4 mm'lik vidaların kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Vida sayısı bakımından ise her fragmanda üç vida kullanıldığında, iki vida kullanılan örneklerle göre biraz daha iyi bir stabilite kazanıldığı, ancak bunun önemli derecede olmadığını bildirmiştir. Ayrıca her segmentte dört vidadan daha fazla vida uygulamanın ek bir yarar sağlamadığı da bildirilmiştir. Rudman ve ark. (1997), MAK'da mini plak osteosentezinin fotoelastik analizini yaptıkları çalışmada, eksternal oblik kenara uygulanan dört delikli mini plakların distal vidalarında stres çizgilerinin daha yoğun oluştuğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada, kırık hattına uzak vidaların uzun aksına paralel olan stres birikiminin bu vidaların yerinden çıkmasına sebep olabileceği ve postoperatif dönemde oluşan komplikasyonların sebeplerinden birinin de distal vidalardaki gevşemelerden veya bu vidaların tamamen yerinden çıkmasından kaynaklanabileceği vurgulanmıştır. Korkmaz (2007), sonlu elemanlar analizi yöntemiyle farklı mini plak fiksasyonlarını karşılaştırdığı çalışmada uygulanan vidaların sayısının ve uzunluğunun kırık segmentlerin stabilitesi üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmiştir.

Çalışmamızda uygulanan vidaların hiç birinde kırılma meydana gelmemiştir. Ayrıca bu çalışmada 2 ve 4 mm deplasman değerlerinde oluşan kuvvet miktarlarında dört vidayla uygulanan 1. grupta (Champy grubu), dört vidayla uygulanan X şeklindeki 4. grup ve uçları açık dikdörtgen şeklindeki sekiz vidayla uygulanan 5. grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Aynı şekilde, 2 ve 4mm deplasman değerlerinde en yüksek kuvvet ortalamasına sahip olan ve sekiz vidayla uygulanan 3D plak ile uygulanan 6. grupta, Z şeklinde dört vidayla uygulanan 3. grup arasında da anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu sonuçlara göre de vida sayısının plak fiksasyon stabilitesinde tek başına bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir.

Literatürde 1,3 veya 1,6 mm kalınlığında ince mini plakların çok yumuşak olmalarından dolayı kemik üzerinde adaptasyon gerektirmemesi ve çok hızlı uygulanabilmeleri gibi avantajları bildirilmiştir (Chrcanovic, 2012). Esen ve ark. (2012), Champy modeline göre yerleştirilen bu mini plakların erken postoperatif çiğneme kuvvetlerine karşı tek başına yeterli olmadığını ve bu mini plakların MAK'ta kullanılmaması gerektiğini bildirmişlerdir. Nissenbaum ve ark. (1997), 24 maymun hemimandibulasında oluşturdukları MAK modelinde eksternal oblik sırtta yerleştirilen dört delikli 1,1 mm kalınlığında standart mini plaklarla 0,8 mm kalınlığında ince mini plakları karşılaştırmışlar ve ortalama deplasman kuvvetini standart grupta 68,7 kg, ince mini plak grubunda ise 46,5 kg bulmuşlardır. Bütün standart plaklarda eğilme gözlenmesine rağmen kırılma gözlenmemiştir. İnce mini plakların hepsinde eğilmeyle beraber %75 oranında vida delik kenarlarında kırık da gözlenmiştir. Feller ve ark. (2003), sonlu elemanlar analizi ve 277 hasta bilgilerinin değerlendirilmesiyle yaptıkları çalışmalarında 1mm ve 1,5 mm kalınlığındaki mini plakları karşılaştırmışlar ve ikisinin de yeterli stabilite sağladığını, internal fiksasyonda 1mm kalınlığındaki mini plakların yeterli olduğunu bildirmişlerdir. Bu bilgiler göz önünde tutularak bu çalışmada da standart mini plak kalınlığında (1mm) modifiye mini plaklar kullanılmıştır.

Sağlıklı bir kişide yaş, cinsiyet ve ölçüm metoduna bağlı olarak ısırma kuvveti 127 N ile 721 N arasında değişmektedir. Isırma kuvvetlerindeki bu farklılıklar biyomekanik çalışmalarda ısırma kuvvetinin oluşturulmasında zorluk oluşturmaktadır (Fontijn-Tekamp ve ark., 2000; Kalfarentzos ve ark., 2009). Eichner (1964), mandibula kırıklarının tedavisinden sonra oluşan maksimum ısırma kuvvetinin farklı deney modellerinde oluşturulan fonksiyonel vertikal kuvvetten daha az olduğunu bildirmiştir.

Bir insanın kraker yerken uyguladığı ısırma kuvvetinin 16,5 N, ekmek yerken 22,2 N, et yerken 34 N olduğunu rapor etmiştir.

Tate ve ark (1994), MAK bulunan 35 erkek hasta ve 29 sağlıklı erkek birey üzerinde cerrahi sonrası oluşan ısırma kuvvetini araştırdıkları çalışmalarında, cerrahi sonrası ilk haftalarda kırık bulunan hastalarda kontrol grubuna göre, kırık tarafta kırık olmayan tarafa göre molar bölgedeki ısırma kuvvetinin daha az olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca, kırık olan tarafta molar bölgede maksimum ısırma kuvveti birinci hafta sonunda 130 N, altı hafta sonunda 251 N olarak ölçülmüştür. MAK tedavi sürecinde hastaların ısırma kuvvetlerinin normalden daha az olmasının ise, kemikte oluşan kırık sonrası çiğneme sisteminin koruyucu nöromusküler mekanizmasının aktive olması veya masseter kasın travma sonucu ya da operasyon sırasında zarar görmesinden kaynaklanabileceğini düşünmektedirler.

Gerlach ve Schwarz (2002) ise MAK bulunan 22 hastayı Champy yöntemine göre tedavi etmiş ve kırık tarafta molar bölgede oluşan ısırma kuvvetinin ilk üç haftada ortalama 90 N, altı hafta sonunda ise 148 N ölçtüklerini bildirmişlerdir. Kontrol grubunda ise molar bölgede oluşan ısırma kuvvetini sağda $211,9 \pm 109,3$ N, solda $250,7 \pm 75,9$ N olarak ölçmüşlerdir. Bu araştırmada da kırık bulunan tarafta kırık bulunmayan tarafa göre molar ve kanin bölgesinde oluşan ısırma kuvvetinin oldukça azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca 4 ve 6. haftalar arasında kırık oluşan bölgede ısırma kuvvetinde önemli derecede azalma olduğu rapor edilmiştir. Bunun muhtemel nedeni olarak ise bu dönemde İAS'ın rejenerasyonu ve periostun reinnervasyonu ile beraber ağrı duyarlılığının tekrar artması gösterilmiştir.

MAK ile ilgili yapılan biyomekanik çalışmalara bakıldığında, uygulanan maksimum oklüzal kuvveti, Shetty ve Caputo (1992) 350 N, Choi ve ark. (1995) 60 N, Haug ve ark. (1996) $167,6 \pm 18,2$ N, Schierle ve ark. (1997) 90 N, Wittenberg ve ark. (1997) 350N, Bayram ve ark. (2009) 200 N, Kalfarentzos ve ark. (2009) 200 N, Esen ve ark. (2012) 90 N, Pektas ve ark. (2012) 200 N ile sınırlandırmışlardır.

Maksimum oklüzal kuvveti sınırlandırarak oluşan deplasman miktarlarını karşılaştırmanın dışında, belirlenen deplasman değerlerinde oluşan kuvvet değerlerini kıyaslayarak da MAK ile ilişkili biyomekanik çalışmalar yapılmaktadır. Alkan ve ark. (2007) 1,75 mm, Riberio-Junior ve ark. (2010) 4 mm, Bregagnolo ve ark. (2011), 1-2 mm, Negreiros Lyrio ve ark. (2013) 3-5 mm deplasman değerleri oluşuncaya kadar

kuvvet uygulamışlar, bu deplasman değerlerinde oluşan kuvvet değerlerini karşılaştırarak biyomekanik çalışmalarını sürdürmüşlerdir.

Biyomekanik çalışmalarda uygulanan maksimum oklüzal kuvvetin 30-350 N gibi geniş bir kuvvet aralığında uygulanarak standart bir kuvvet değerinin olmaması ve sınırlandırılan kuvvet değerlerinin üzerine çıkılabileme ihtimali düşünülerek bu çalışmada 2 ve 4 mm deplasman değerlerinde oluşan kuvvet miktarları istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Literatürde yer alan bazı biyomekanik çalışmalarda tek mini plak ile fikse edilen modellerde uygulanan kuvvet sonucu linguale doğru deplasman olduğu bildirilmiştir (Tams ve ark., 1997; Wittenberg ve ark., 1997). Çalışmamızda da uygulanan kuvvet sonucunda en fazla 1. grupta, en az ise 6. grupta olmak üzere tüm gruplarda distal fragmanın linguale deplase olduğu görüldü. Bu durum, altıncı grupta uygulanan fiksasyonun torsiyonel kuvvetlere karşı daha dirençli olduğunu göstermektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasının sınırları dâhilinde elde edilen sonuçlar ve öneriler şu şekilde sıralanabilir;

- 2 ve 4 mm deplasman değerlerinde en yüksek kuvvet miktarına sahip olan 3D plak grubu (Grup 6) ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmayan Z şeklindeki plak grubunun (Grup 3) diğer modifiye plak sistemlerinden daha etkin bir fiksasyon sağladığı laboratuvar ortamında görüldü.

- Bu in vitro çalışmada MAK fiksasyonunda kullanılabilecek en güvenilir ve kullanışlı mini plağın Z şeklindeki mini plak olduğu sonucuna varıldı.

- Plak fiksasyon stabilitesinde plağa uygulanan vida sayısı ile birlikte, plağın boyutu, kalınlığı, dizaynı ve konfigürasyonunun da değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

- Çalışmamızda kullandığımız çeneyi kapatan kasların vektörü doğrultusunda çekme kuvveti uygulayan üç boyutlu test modeli, iki nokta biyomekanik test modelinden daha gerçekçi ve doğru sonuçlar veren bir yöntem olarak değerlendirilmiştir.

- MAK fiksasyonunda kullanılabilecek bu mini plakların klinik kullanımına ilişkin daha çok sayıda ve daha kapsamlı in vitro çalışmalara ve benzer in vivo çalışmalara gerek vardır.

- Biyomekanik çalışmalarda kullanılan farklı modellerin (meşe ağacı, kadavra mandibulası, koyun mandibulası, sentetik mandibula modeli) ve fiksasyon stabilitesini değerlendirmede kullanılan farklı test modellerinin çalışmaların karşılaştırılmasında farklılıklar oluşturacağı unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- Ailing III CC, Helfrick JF, Ailing RD. Impacted teeth. *Implant Dentistry*. 1993;2(4):276.
- Alkan A, Celebi N, Ozden B, Bas B, Inal S. Biomechanical comparison of different plating techniques in repair of mandibular angle fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2007;104(6):752-756.
- Allan B, Daly C. Fractures of the mandible. A 35-year retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 1990;19(5):268-271.
- Ansari K, Hamlar D, Ho V, Hilger P, Cote D, Aziz T. A comparison of anterior vs posterior isolated mandible fractures treated with intermaxillary fixation screws. *Arch Facial Plast Surg*. 2011;13(4):266-270.
- Assael LA. Treatment of mandibular angle fractures: plate and screw fixation. *J Oral Maxillofac Surg*. 1994;52(7):757-761.
- Ayalı A. Mandibular angulus bölgesi favorable ve unfavorable fraktürlerinde uygulanan farklı fiksasyon metotlarının biyomekanik etkilerinin sonlu elemanlar analizi yöntemi ile incelenmesi. Yakın Doğu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Lefkoşa, Doktora Tezi, 2012; 42-48.
- Bayram B, Araz K, Uçkan S, Balçık C. Comparison of fixation stability of resorbable versus titanium plate and screws in mandibular angle fractures. *J Oral Maxillofac Surg*. 2009;67(8):1644-1648.
- Bell RB, Wilson DM. Is the use of arch bars or interdental wire fixation necessary for successful outcomes in the open reduction and internal fixation of mandibular angle fractures? *J Oral Maxillofac Surg*. 2008;66(10):2116-2122.
- Benfu C, Xueming T. Ultrastructural investigation of experimental fracture healing. I. Electron microscopic observation of cellular activity. *Chin Med J (Engl)*. 1979;92(8):530-535.
- Bouloux GF, Chen S, Threadgill JM. Small and large titanium plates are equally effective for treating mandible fractures. *J Oral Maxillofac Surg*. 2012;70(7):1613-1621.
- 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):574-580.
- Bregagnolo LA, Bertelli PF, Ribeiro MC, Sverzut CE, Trivellato AE. Evaluation of in vitro resistance of titanium and resorbable (poly-L-DL-lactic acid) fixation systems on the mandibular angle fracture. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2011;40(3):316-321.

- Brophy T. A treatise on the diseases, injuries and malformations of the mouth and associated parts. *Oral Surgery*. 1915;867-871.
- Brown J, Grew N, Millar B. Intermaxillary fixation compared to miniplate osteosynthesis in the management of the fractured mandible: an audit. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 1991;29(5):308-311.
- Bui P, Demian N, Beetar P. Infection rate in mandibular angle fractures treated with a 2.0-mm 8-hole curved strut plate. *J Oral Maxillofac Surg*. 2009;67(4):804-808.
- Cawood JJ. Small plate osteosynthesis of mandibular fractures. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 1985;23(2):77-91.
- Champy M, Lodde JP. Mandibular synthesis. Placement of the synthesis as a function of mandibular stress]. *Revue de stomatologie et de chirurgie maxillo-faciale*. 1976;77(8):971-976.
- Champy M, Lodde JP. Étude des contraintes dans la mandibule fracturée chez l'homme. *Rev Stomatol Chir Maxillofac*. 1977;78:545-551.
- Champy M, Lodde JP, Jaeger JH, Wilk A, Gerber JC. [Mandibular osteosynthesis according to the Michelet technic. II. Presentation of new material. Results]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac*. 1976;77(3):577-582.
- Champy M, Lodde JP, Schmitt R, Jaeger JH, Muster D. Mandibular osteosynthesis by miniature screwed plates via a buccal approach. *J Maxillofac Surg*. 1978;6(1):14-21.
- Champy M, Wilk A, Schnebelen JM. [Treatment of mandibular fractures by means of osteosynthesis without intermaxillary immobilization according to F.X. Michelet's technic]. *Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl*. 1975;63(4):339-341.
- Choi BH, Kim KN, Kang HS. Clinical and in vitro evaluation of mandibular angle fracture fixation with the two-miniplate system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1995a;79(6):692-695.
- Choi BH, Suh CH. Technique for applying 2 miniplates for treatment of mandibular angle fractures. *J Oral Maxillofac Surg*. 2001;59(3):353-354.
- Choi BH, Yoo JH, Kim KN, Kang HS. Stability testing of a two miniplate fixation technique for mandibular angle fractures. An in vitro study. *J Craniomaxillofac Surg*. 1995b;23(2):123-125.
- Chrcanovic BR. Fixation of mandibular angle fractures: in vitro biomechanical assessments and computer-based studies. *Oral Maxillofac Surg*. 2012;17(4):251-268.

- Chrcanovic BR, Abreu MH, Freire-Maia B, Souza LN. 1,454 mandibular fractures: a 3-year study in a hospital in Belo Horizonte, Brazil. *J Craniomaxillofac Surg.* 2012;40(2):116-123.
- 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):1737-1741.
- Claes L, Eckert-Hubner K, Augat P. The fracture gap size influences the local vascularization and tissue differentiation in callus healing. *Langenbecks Arch Surg.* 2003;388(5):316-322.
- Copcu E, Sisman N, Oztan Y. Trauma and Fracture of the Mandible. *European Journal of Trauma.* 2004;30(2):110-115.
- Çetingül E. Çene ve Yüz Travmatolojisi. İzmir, Ege Üniversitesi Basımevi. 2002;7-207.
- Çimen E. Mandibular kondil kırıklarının fiksasyonunda uygulanan titanyum mini plak ve vida sistemleri ile rezorbe olabilen mini plak ve vida sistemlerinin sonlu eleman analizi ve biyomekanik yöntemleri ile karşılaştırılması. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Doktora Tezi, 2011; 14-17.
- Danda AK. Comparison of a single noncompression miniplate versus 2 noncompression miniplates in the treatment of mandibular angle fractures: a prospective, randomized clinical trial. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010;68(7):1565-1567.
- de Melo WM, Antunes AA, Sonoda CK, Hochuli-Vieira E, Gabrielli MAC, Gabrielli MFR. Mandibular angle fracture treated with new three-dimensional grid miniplate. *J Craniofac Surg.* 2012;23(5):416-417.
- de Queiroz SB. Modification of arch bars used for intermaxillary fixation in oral and maxillofacial surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2013;42(4):481-482.
- Dichard A, Klotch DW. Testing biomechanical strength of repairs for the mandibular angle fracture. *Laryngoscope.* 1994;104(2): 201-208.
- Dingman RO, Natvig P. Surgery of facial fractures. Philadelphia, WB Saunders. 1964; 143-144.
- Doblare M, Garcia JM. On the modelling bone tissue fracture and healing of the bone tissue. *Acta Cient Venez.* 2003;54(1):58-75.
- Duan DH, Zhang Y. Does the presence of mandibular third molars increase the risk of angle fracture and simultaneously decrease the risk of condylar fracture? *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2008;37(1):25-28.

- Ehrenfeld M, Roser M, Hagenmaier C, Mast G. [Treatment of mandibular fractures with different fixation techniques--results of a prospective fracture study]. *Fortschr Kiefer Gesichtschir.* 1996;41:67-71.
- Ellis E. Treatment methods for fractures of the mandibular angle. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1999;28(4):243-252.
- Ellis E, 3rd. A prospective study of 3 treatment methods for isolated fractures of the mandibular angle. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010;68(11):2743-2754.
- Ellis E, 3rd. Lag screw fixation of mandibular fractures. *J Craniomaxillofac Trauma.* 1997;3(1):16-26.
- Ellis E, 3rd. Outcomes of patients with teeth in the line of mandibular angle fractures treated with stable internal fixation. *J Oral Maxillofac Surg.* 2002;60(8):863-865.
- Ellis E, 3rd. Treatment of mandibular angle fractures using the AO reconstruction plate. *J Oral Maxillofac Surg.* 1993;51(3):250-254.
- Ellis E, 3rd, Ghali GE. Lag screw fixation of mandibular angle fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 1991;49(3):234-243.
- Ellis E, 3rd, Karas N. Treatment of mandibular angle fractures using two mini dynamic compression plates. *J Oral Maxillofac Surg.* 1992;50(9):958-963.
- Ellis E, 3rd, Moos KF, el-Attar A. Ten years of mandibular fractures: an analysis of 2,137 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1985;59(2):120-129.
- Ellis E, 3rd, Sinn DP. Treatment of mandibular angle fractures using two 2.4-mm dynamic compression plates. *J Oral Maxillofac Surg.* 1993;51(9):969-973.
- Ellis E, 3rd, Walker L. Treatment of mandibular angle fractures using two noncompression miniplates. *J Oral Maxillofac Surg.* 1994;52(10):1032-1036.
- Ellis E, 3rd, Walker LR. Treatment of mandibular angle fractures using one noncompression miniplate. *J Oral Maxillofac Surg.* 1996;54(7):864-871.
- Esen A, Dolanmaz D, Tuz HH. Biomechanical evaluation of malleable noncompression miniplates in mandibular angle fractures: an experimental study. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2012;50(5):65-68.
- Farmand M. The 3-D plating system in maxillofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 1993;51(suppl3):166.
- Farmand M. [Experiences with the 3-D miniplate osteosynthesis in mandibular fractures]. *Fortschr Kiefer Gesichtschir.* 1996;41:85-87.

- Farmand M, Dupoirieux L. [The value of 3-dimensional plates in maxillofacial surgery]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac*. 1992;93(6):353-357.
- Farris PE, Dierks EJ. Single oblique lag screw fixation of mandibular angle fractures. *Laryngoscope*. 1992;102(9):1070-1072.
- Fedok FG, Van Kooten DW, DeJoseph LM, McGinn JD, Sobota B, Levin RJ, Jacobs CR. Plating techniques and plate orientation in repair of mandibular angle fractures: an in vitro study. *Laryngoscope*. 1998;108(8):1218-1224.
- Feledy J, Caterson EJ, Steger S, Stal S, Hollier L. Treatment of mandibular angle fractures with a matrix miniplate: a preliminary report. *Plast Reconstr Surg*. 2004;114(7):1711-1716.
- Feller KU, Schneider M, Hlawitschka M, Pfeifer G, Lauer G, Eckelt U. Analysis of complications in fractures of the mandibular angle--a study with finite element computation and evaluation of data of 277 patients. *J Craniomaxillofac Surg*. 2003;31(5):290-295.
- Fonseca RJ, Walker RV, Raymond J, Robert V. Oral and maxillofacial trauma. 2. Baski, Philadelphia, Elsevier Saunders Company. 1997; 473-526.
- Fontijn-Tekamp FA, Slagter AP, Van Der Bilt A, Van THMA, Witter DJ, Kalk W, Jansen JA. Biting and chewing in overdentures, full dentures, and natural dentitions. *J Dent Res*. 2000;79(7):1519-1524.
- Fox AJ, Kellman RM. Mandibular angle fractures: two-miniplate fixation and complications. *Arch Facial Plast Surg*. 2003;5(6):464-469.
- Fridrich KL, Pena-Velasco G, Olson RA. Changing trends with mandibular fractures: a review of 1,067 cases. *J Oral Maxillofac Surg*. 1992;50(6):586-589.
- Frost HM. The biology of fracture healing. An overview for clinicians. Part I. *Clin Orthop Relat*. 1989;248:283-293.
- Gear AJ, Apasova E, Schmitz JP, Schubert W. Treatment modalities for mandibular angle fractures. *J Oral Maxillofac Surg*. 2005;63(5):655-663.
- Gerlach KL, Schwarz A. Belastungsmessungen nach der Miniplattenosteosynthese von Unterkieferwinkelfrakturen. *Mund Kiefer und Gesichtschirurgie*. 2003;7(4):241-245.
- Gerlach KL, Schwarz A. Bite forces in patients after treatment of mandibular angle fractures with miniplate osteosynthesis according to Champy. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2002;31(4):345-348.

- Glineburg RW, Laskin DM, Blaustein DI. The effects of immobilization on the primate temporomandibular joint: a histologic and histochemical study. *J Oral Maxillofac Surg.* 1982;40(1):3-8.
- Goyal M, Marya K, Chawla S, Pandey R. Mandibular Osteosynthesis: A Comparative Evaluation of Two Different Fixation Systems Using 2.0 mm Titanium Miniplates and 3-D Locking Plates. *J Maxillofac Oral Surg.* 2011;10(1):32-37.
- Guimond C, Johnson JV, Marchena JM. Fixation of mandibular angle fractures with a 2.0-mm 3-dimensional curved angle strut plate. *J Oral Maxillofac Surg.* 2005;63(2):209-214.
- Gürsoy G. Humerus cisim kırıklarında ilizarov eksternal fiksator ile tedavi sonuçları. Trakya Üniversitesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilimdalı, Edirne, Tıpta Uzmanlık Tezi, 2005; 10-11.
- Haerle F, Champy M. Atlas of craniomaxillofacial osteosynthesis: microplates, miniplates, and screws. 2. Baskı, Stuttgart, Thieme. 2009;1-229.
- Halmos DR, Ellis E, 3rd, Dodson TB. Mandibular third molars and angle fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 2004;62(9):1076-1081.
- Harjani B, Singh RK, Pal US, Singh G. Locking v/s non-locking reconstruction plates in mandibular reconstruction. *Natl J Maxillofac Surg.* 2012;3(2):159-165.
- Haug RH. Effect of screw number on reconstruction plating. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1993;75(6):664-668.
- Haug RH, Barber JE, Reifeis R. A comparison of mandibular angle fracture plating techniques. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1996;82(3):257-263.
- Haug RH, Prather J, Indresano AT. An epidemiologic survey of facial fractures and concomitant injuries. *J Oral Maxillofac Surg.* 1990;48(9):926-932.
- 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.
- Heibel H, Alt KW, Wachter R, Bahr W. [Cortical thickness of the mandible with special reference to miniplate osteosynthesis. Morphometric analysis of autopsy material]. *Mund Kiefer Gesichtschir.* 2001;5(3):180-185.
- Hochuli-Vieira E, Ha TK, Pereira-Filho VA, Landes CA. Use of rectangular grid miniplates for fracture fixation at the mandibular angle. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69(5):1436-1441.

- Höfer SH, Ha L, Ballon A, Sader R, Landes C. Treatment of mandibular angle fractures - Linea obliqua plate versus grid plate. *J Craniomaxillofac Surg.* 2012;40(8):807-811.
- <http://www2.aofoundation.org>, 2014.
- Iida S, Hassfeld S, Reuther T, Nomura K, Muhling J. Relationship between the risk of mandibular angle fractures and the status of incompletely erupted mandibular third molars. *J Craniomaxillofac Surg.* 2005;33(3):158-163.
- Iida S, Kogo M, Sugiura T, Mima T, Matsuya T. Retrospective analysis of 1502 patients with facial fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2001;30(4):286-290.
- Iizuka T, Lindqvist C. Rigid internal fixation of mandibular fractures. An analysis of 270 fractures treated using the AO/ASIF method. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1992;21(2):65-69.
- Iizuka T, Lindqvist C. Sensory disturbances associated with rigid internal fixation of mandibular fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 1991;49(12):1264-1268.
- Johansson B, Krekmanov L, Thomsson M. Miniplate osteosynthesis of infected mandibular fractures. *J Craniomaxillofac Surg.* 1988;16(1):22-27.
- Kalfarentzos EF, Deligianni D, Mitros G, Tyllianakis M. Biomechanical evaluation of plating techniques for fixing mandibular angle fractures: the introduction of a new 3D plate approach. *Oral Maxillofac Surg.* 2009;13(3):139-144.
- Kasamatsu A, Watanabe T, Kanazawa H. Presence of the Third Molar as a Risk Factor in Mandibular Angle Fractures. *Asian Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* 2003;15(3):176-180.
- Katakura A, Shibahara T, Noma H, Yoshinari M. Material analysis of AO plate fracture cases. *J Oral Maxillofac Surg.* 2004;62(3):348-352.
- Kelly D, Harrigan W. A survey of facial fractures: Bellevue Hospital, 1948-1974. *J Oral Surg.* 1975;33(2):146.
- Kılıçoğlu SS. Mikroskobî düzeyinde kırık iyileşmesi. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası.* 2002;55:143-150.
- Kimsal J, Baack B, Candelaria L, Khraishi T, Lovald S. Biomechanical analysis of mandibular angle fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69(12):3010-3014.
- Koolstra JH. Dynamics of the human masticatory system. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2002;13(4):366-376.

- 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):563-576.
- Korkmaz HH. Evaluation of different miniplates in fixation of fractured human mandible with the finite element method. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007;103(6):1-13.
- Kroon FH, Mathisson M, Cordey JR, Rahn BA. The use of miniplates in mandibular fractures: An in vitro study. *J Craniomaxillofac Surg.* 1991;19(5):199-204.
- Kumar S, Prabhakar V, Rao K, Brar R. A comparative review of treatment of 80 mandibular angle fracture fixation with miniplates using three different techniques. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2011;63(2):190-192.
- Lamphier J, Ziccardi V, Ruvo A, Janel M. Complications of mandibular fractures in an urban teaching center. *J Oral Maxillofac Surg.* 2003;61(7):745-749.
- Lauer G, Haim D, Proff P, Richter G, Pradel W, Fanghänel J, Pilling E, Gedrange T, Mai R. Plate osteosynthesis of the mandibular condyle. *Ann of Anat.* 2007;189(4):412-417.
- Lee JT, Dodson TB. The effect of mandibular third molar presence and position on the risk of an angle fracture. *J Oral Maxillofac Surg.* 2000;58(4):394-398.
- Levy FE, Smith RW, Odland RM, Marentette LJ. Monocortical miniplate fixation of mandibular angle fractures. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 1991;117(2):149-154.
- Lovald ST, Wagner JD, Baack B. Biomechanical optimization of bone plates used in rigid fixation of mandibular fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009;67(5):973-985.
- Luhr HG. Compression plate osteosynthesis through the Luhr system. *Oral and maxillofacial traumatology.* 1982; 1:19-43.
- Luhr HG, Hausmann DF. [Results of compression osteosynthesis with intraoral approach in 922 mandibular fractures]. *Fortschr Kiefer Gesichtschir.* 1996;41:77-80.
- Ma'aïta J, Alwrikat A. Is the mandibular third molar a risk factor for mandibular angle fracture? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000;89(2):143-146.
- Maloney PL, Lincoln RE, Coyne CP. A protocol for the management of compound mandibular fractures based on the time from injury to treatment. *J Oral Maxillofac Surg.* 2001;59(8):879-884.

- Marchena JM, Padwa BL, Kaban LB. Sensory abnormalities associated with mandibular fractures: Incidence and natural history. *J Oral Maxillofac Surg.* 1998;56(7):822-825.
- Michelet FX, Deymes J, Dessus B. Osteosynthesis with miniaturized screwed plates in maxillo-facial surgery. *J Maxillofac Surg.* 1973;1:79-84.
- Miloro M, Ghali G, Peterson LJ, Larsen PE, Waite PD. Peterson's principles of oral and maxillofacial surgery, 2. Baskı, Londra, BC Decker Inc. 2004; 401-433.
- Moore E, Bayrak S, Moody M, Key JM, Vural E. Hardware removal rates for mandibular angle fractures: comparing the 8-hole strut and champy plates. *J Craniofac Surg.* 2013;24(1):163-165.
- Mukerji R, Mukerji G, McGurk M. Mandibular fractures: Historical perspective. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2006;44(3):222-228.
- Murr AH. Mandibular angle fractures and noncompression plating techniques. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2005;131(2):166-168.
- Naveen Shankar A, Naveen Shankar V, Hegde N, Sharma, Prasad R. The pattern of the maxillofacial fractures - A multicentre retrospective study. *J Craniomaxillofac Surg.* 2012;40(8):675-679.
- Negreiros Lyrio MC, Monnazzi MS, De Moraes M, Hochuli-Vieira E, Nunes Reis JM, Pereira-Filho VA. Comparison of compressive strength between three different plates for mandibular angle fractures fixation. *J Craniomaxillofac Surg.* 2013.
- Niederdellmann H, Akuamo-Boateng E, Uhlig G. Lag-screw osteosynthesis: a new procedure for treating fractures of the mandibular angle. *J Oral Surg.* 1981;39(12):938-940.
- Niederdellmann H, Schilli W. [Traction screw osteosynthesis in the treatment of fracture of the angle of mandible (author's transl)]. *Aktuelle Traumatol.* 1980;10(2):105-108.
- Niederdellmann H, Schilli W, Duker J, Akuamo-Boateng E. Osteosynthesis of mandibular fractures using lag screws. *Int J Oral Surg.* 1976;5(3):117-121.
- Niederdellmann H, Shetty V. Solitary lag screw osteosynthesis in the treatment of fractures of the angle of the mandible: a retrospective study. *Plast Reconstr Surg.* 1987;80(1):68-74.
- Niederhagen B, Anke S, Hultenschmidt D, Appel T. [AO and miniplate osteosynthesis of the mandible in an 8-year comparison]. *Fortschr Kiefer Gesichtschir.* 1996;41:58-60.

- Nissenbaum M, Lownie M, Cleaton-Jones P. Relative displacement resistance of standard and low-profile bone plates in experimental mandibular angle fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1997;83(4):427-432.
- Olson RA, Fonseca RJ, Zeitler DL, Osbon DB. Fractures of the mandible: a review of 580 cases. *J Oral Maxillofac Surg.* 1982;40(1):23-28.
- Paza AO, Abuabara A, Passeri LA. Analysis of 115 mandibular angle fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008;66(1):73-76.
- Pektas ZO, Bayram B, Balcik C, Develi T, Uckan S. Effects of different mandibular fracture patterns on the stability of miniplate screw fixation in angle mandibular fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2012;41(3):339-343.
- Piffkò J, Homann C, Schuon R, Joos U, Meyer U. Experimentelle Untersuchung zur biomechanischen Stabilität unterschiedlicher Unterkieferosteosynthesen. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie.* 2003;7(1):1-6.
- Potter J, Ellis E, 3rd. Treatment of mandibular angle fractures with a malleable noncompression miniplate. *J Oral Maxillofac Surg.* 1999;57(3):288-292.
- Rahn B, Cordey J, Davos, prein J, Basel, Russenberger M. [Biomechanics of osteosynthesis in the mandible]. *Fortschr Kiefer Gesichtschir.* 1975;19:37-42.
- Rashid A, Eyeson J, Haider D, van Gijn D, Fan K. Incidence and patterns of mandibular fractures during a 5-year period in a London teaching hospital. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2013;51(8):794-798.
- Raveh J, Vuillemin T, Ladrach K, Roux M, Sutter F. Plate osteosynthesis of 367 mandibular fractures. The unrestricted indication for the intraoral approach. *J Craniomaxillofac Surg.* 1987;15(5):244-253.
- Reitzik M, Lownie JF, Cleaton-jones P, Austin J. Experimental fractures of monkey mandibles. *Int J Oral Surg.* 1978;7(2):100-103.
- 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):1109-1114.
- Rix L, Stevenson AR, Punnia-Moorthy A. An analysis of 80 cases of mandibular fractures treated with miniplate osteosynthesis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1991;20(6):337-341.
- Rudderman R, Mullen R. Biomechanics of the facial skeleton. *Clin Plast Surg.* 1992;19(1):11.

- Rudman RA, Rosenthal SC, Shen C, Ruskin JD, Ifju PG. Photoelastic analysis of miniplate osteosynthesis for mandibular angle fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1997;84(2):129-136.
- Safdar N, Meechan J. Relationship between fractures of the mandibular angle and the presence and state of eruption of the lower third molar. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995;79(6):680-684.
- Saito DM, Murr AH. Internal fixation of mandibular angle fractures with the Champy technique. *Operative Techniques in Otolaryngology-Head and Neck Surgery.* 2008;19(2):123-127.
- Schaaf H, Kaubuegge S, Streckbein P, Wilbrand JF, Kerkmann H, Howaldt HP. Comparison of miniplate versus lag-screw osteosynthesis for fractures of the mandibular angle. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011;111(1):34-40.
- Schierle HP, Schmelzeisen R, Rahn B, Pytlik C. One- or two-plate fixation of mandibular angle fractures? *J Craniomaxillofac Surg.* 1997;25(3):162-168.
- Schubert W, Kobienia BJ, Pollock RA. Cross-sectional area of the mandible. *J Oral Maxillofac Surg.* 1997;55(7):689-692.
- Schwimmer A, Stern R, Kritchman D. Impacted third molars: A contributing factor in mandibular fractures in contact sports. *Am J Sports Med.* 1983;11(4):262-266.
- Scolozzi P, Martinez A, Jaques B. Treatment of linear mandibular fractures using a single 2.0-mm AO locking reconstruction plate: is a second plate necessary? *J Oral Maxillofac Surg.* 2009;67(12):2636-2638.
- Scolozzi P, Richter M. Treatment of severe mandibular fractures using AO reconstruction plates. *J Oral Maxillofac Surg.* 2003;61(4):458-461.
- Shetty V, Caputo A. Biomechanical validation of the solitary lag screw technique for reducing mandibular angle fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 1992;50(6):603-607.
- Siddiqui A, Markose G, Moos KF, McMahon J, Ayoub AF. One miniplate versus two in the management of mandibular angle fractures: a prospective randomised study. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2007;45(3):223-225.
- Smith WP. Delayed miniplate osteosynthesis for mandibular fractures. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1991;29(2):73-76.
- Spießl B. [Dynamic compression implant--principles, technic and results]. *SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd.* 1976;86(9):964-974.

- Spiessl B. [Perspectives of maxillary surgery in Switzerland]. *Helv Chir Acta*. 1989;55(6):953-958.
- Stacey DH, Doyle JF, Mount DL, Snyder MC, Gutowski KA. Management of mandible fractures. *Plast Reconstr Surg*. 2006;117(3):48-60.
- Takada H, Abe S, Tamatsu Y, Mitarashi S, Saka H, Ide Y. Three-dimensional bone microstructures of the mandibular angle using micro-CT and finite element analysis: relationship between partially impacted mandibular third molars and angle fractures. *Dent Traumatol*. 2006;22(1):18-24.
- Tams J, van Loon JP, Otten E, Rozema FR, Bos RRM. A three-dimensional study of bending and torsion moments for different fracture sites in the mandible: an in vitro study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 1997;26(5):383-388.
- Tate GS, Ellis E, 3rd, Throckmorton G. Bite forces in patients treated for mandibular angle fractures: implications for fixation recommendations. *J Oral Maxillofac Surg*. 1994;52(7):734-736.
- Theriot BA, Van Sickels JE, Triplett RG, Nishioka GJ. Intraosseous wire fixation versus rigid osseous fixation of mandibular fractures: a preliminary report. *J Oral Maxillofac Surg*. 1987;45(7):577-582.
- Thurmuller P, Dodson T, Kaban L. Nerve injuries associated with facial trauma: natural history, management, and outcomes of repair. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2001;13(2):283-294.
- Utley DS, Utley JD, Koch RJ, Goode RL. Direct bonded orthodontic brackets for maxillomandibular fixation. *Laryngoscope*. 1998;108(9):1338-1345.
- Valentino J, Levy FE, Marentette LJ. Intraoral monocortical miniplating of mandible fractures. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 1994;120(6):605-612.
- Vartanian AJ, Alvi A. Bone-screw mandible fixation: an intraoperative alternative to arch bars. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2000;123(6):718-721.
- 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):155-163.
- Vineeth K, Lalitha RM, Prasad K, Ranganath K, Shwetha V, Singh J. "A comparative evaluation between single noncompression titanium miniplate and three dimensional titanium miniplate in treatment of mandibular angle fracture"--a randomized prospective study. *J Craniomaxillofac Surg*. 2013;41(2):103-109.
- Wang H, Chen MS, Tang W, Tian WD. [Biomechanical study of rigid internal fixation for mandibular angle fracture]. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2006;24(5):393-396.

- Wittenberg JM, Mukherjee DP, Smith BR, Kruse RN. Biomechanical evaluation of new fixation devices for mandibular angle fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1997;26(1):68-73.
- Yamada T, Sawaki Y, Tohnai I, Takeuchi M, Ueda M. A study of sports-related mandibular angle fracture: relation to the position of the third molars. *Scand J Med Sci Sports.* 1998a;8(2):116-119.
- Yamada T, Sumi Y, Okazaki Y, Ueda M. A new intermaxillary fixation method using adhesive cast splints for avoiding skin puncture. *Aust Dent J.* 1998b;43(3):167-169.
- Zachar MR, Labella C, Kittle CP, Baer PB, Hale RG, Chan RK. Characterization of mandibular fractures incurred from battle injuries in Iraq and Afghanistan from 2001-2010. *J Oral Maxillofac Surg.* 2013;71(4):734-742.
- Zhu M, Keller TS, Spengler DM. Effects of specimen load-bearing and free surface layers on the compressive mechanical properties of cellular materials. *J Biomech.* 1994;27(1):57-66.
- Zix J, Lieger O, Iizuka T. Use of straight and curved 3-dimensional titanium miniplates for fracture fixation at the mandibular angle. *J Oral Maxillofac Surg.* 2007;65(9):1758-1763.
- Zix JA, Schaller B, Lieger O, Saulacic N, Thoren H, Iizuka T. Incidence, aetiology and pattern of mandibular fractures in central Switzerland. *Swiss Med Wkly.* 2011;141:w13207.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Muhsin ÖZDEMİR

Doğum Yeri: Antalya, Türkiye

Doğum Tarihi: 18.09.1986

Medeni Hali: Evli

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

Eğitim Durumu:

Vali Sabahattin Çakmaköğlu İlkokulu, Kayseri, 1997 (İlkokul)

Edebali Ortaokulu, Bilecik, 2000 (Ortaokul)

Çubuk Anadolu Lisesi, Ankara, 2004 (Lise)

İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, İstanbul, 2009 (Lisans-Y. Lisans)

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, 2014 (Doktora)

Çalıştığı Kurumlar:

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, 2010-2014 (Arş. Gör.)

İletişim Bilgileri:

Adres: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, Atakum, Samsun, Türkiye

E-posta: dt.muhsin.ozdemir@gmail.com