



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**SONLU ELEMEN ANALİZİ İLE MANDİBULA
KIRIKLARININ TEDAVİSİNDE İNTERMAKSİLLER
FİKSASYON VİDALARININ VE LİGATÜRLEME
SEÇENEKLERİNİN OPTİMİZASYONU**

Aytaç GÜRSEL

**AĞIZ DIŞ VE ÇENE CERRAHİSİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Mine CAMBAZOĞLU**

**ANKARA
2018**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SONLU ELEMAN ANALİZİ İLE MANDİBULA
KIRIKLARININ TEDAVİSİNDE İNTERMAKSİLLER
FİKSASYON VİDALARININ VE LİGATÜRLEME
SEÇENEKLERİNİN OPTİMİZASYONU**

Aytaç GÜRSEL

**AĞIZ DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

DANIŞMAN

Prof. Dr. Mine CAMBAZOĞLU

**Bu araştırma Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü'nün
16H0234005 proje numarası ile desteklenmiştir.**

ANKARA

2018

Etik Beyan

Ankara Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Doktora tezi olarak hazırlayıp sunduğum “Sonlu Eleman Analizi ile Mandibula Kırıklarının Tedavisinde İntermaksiller Fiksasyon Vidalarının ve Ligatürleme Seçeneklerinin Optimizasyonu” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir ve hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma ve araştırmalar tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı : Aytaç GÜRSEL

Tarih :

İmza :

KABUL VE ONAY

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Ağız Diş Çene Hastalıkları ve Cerrahisi Anabilim Dalında

Aytaç GÜRSEL tarafından hazırlanan

“Sonlu Eleman Analizi ile Mandibula Kırıklarının Tedavisinde İntermaksiller Fiksasyon Vidalarının ve Ligatürleme Seçeneklerinin Optimizasyonu” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından DOKTORA TEZİ olarak OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile kabul/ret edilmiştir

Tez Savunma Tarihi: 07/06/2018

Ankara Üniversitesi
Ağız Diş ve Çene Cerrahisi ABD
Jüri Başkanı

Ankara Üniversitesi
Ağız Diş ve Çene Cerrahisi ABD
Üye

Ankara Üniversitesi
Ağız Diş ve Çene Cerrahisi ABD
Üye

Kırıkkale Üniversitesi
Ağız Diş ve Çene Cerrahisi ABD
Üye

Kırıkkale Üniversitesi
Ağız Diş ve Çene Cerrahisi ABD
Raportör

Tez hakkında alınan jüri kararı Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu tarafından onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet AKAN
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	ii
Kabul ve Onay	iii
İçindekiler	iv
Önsöz	vi
Simgeler ve Kısaltmalar	vii
Şekiller	viii
Çizelgeler	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Mandibulanın Anatomisi	3
1.2. Mandibula Kırıklarının İnsidansı ve Etyolojisi	6
1.3. Kırıklarda Radyolojik Muayene	7
1.4. Kırıkların Sınıflandırılması	8
1.5. Kırıklarda Kemik İyileşmesi	9
1.6. Mandibula Kırıklarının Tedavileri	10
1.6.1. Kapalı Redüksiyon ve IMF	11
1.6.1.1. İntermaksiller Fiksasyon (IMF)	12
1.6.1.2. İntermaksiller Fiksasyon Vidaları (IMFV)	14
1.6.1.2.1. IMFV'nin Avantajları	15
1.6.1.2.2. IMFV'nin Lokalizasyonları	16
1.6.1.2.3. IMFV'nin Ligatürlenmesi	17
1.6.1.2.4. IMFV'nin Kullanımında Cerrahi Teknik	18
1.6.1.2.5. Endikasyon ve Konterendikasyonlar	19
1.6.1.2.6. IMFV'nin Kullanımında Karşılaşılan Problemler	21
1.6.2. Açık Redüksiyon ve İnternal Fiksasyon (Open reduction and internal fixation-ORIF)	22
1.7. Mandibula Kırıklarında Komplikasyonlar	25
1.8. Mandibulanın Biyomekaniği	26
1.9. Sonlu Elemanlar Analizi (SEA)	28
1.9.1. Mekanik Terimler	30
1.9.2. Sonlu Eleman Analizi Tekniği	33
2. GEREÇ VE YÖNTEM	35
2.1. Materyallerin Tanımlanması	36
2.2. Sınır Koşullarının Tanımlanması	37
3. BULGULAR	39
3.1. Model A	39
3.2. Model B	40
3.3. Model C	41
3.4. Model D	42
3.5. Model E	43

3.6. Model F	44
3.7. Model G	45
3.8. 2 Plak İle Fiksasyon Modeli	46
3.9. 1 Plak İle Fiksasyon Modeli	47
3.10. Kırık Hattında Meydana Gelen Deplasman Miktarı	50
3.11. Vidaların Çevresindeki Kortikal Kemikte Oluşan Stresler	51
3.12. Tellerde ve Plaklarda Oluşan Stresler	51
4. TARTIŞMA	53
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	61
ÖZET	63
SUMMARY	64
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	71



ÖNSÖZ

Diş hekimliği pratiğinde sıklıkla karşılan mandibula kırıkları için, temel tedavi seçenekleri olarak kapalı redüksiyon ve intermaksiller fiksasyon veya açık redüksiyon ve internal fiksasyon teknikleri uygulanmaktadır. Bu tedaviler için çeşitli materyaller kullanılmaktadır. İntermaksiller Fiksasyon Vidaları (IMFV) 1989 yılında tanıtılmasından bu yana hem kapalı hem de açık tedavi seçeneklerinde kullanılmakta ve kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Temel prensip olarak her kadrana 4 adet yerleştirilip düz ligatürlenerek kullanılırlar. Tek ve basit kırıklarda IMFV ile IMF tedavisi başarısı kanıtlanmış bir yöntemdir. Fakat, çoklu kırıklı mandibulada IMFV tercih edileceğinde vidaların sayı ve lokasyonları standardize edilmemiştir. Bu nedenle, çalışmamızda Sonlu Eleman Analizi (SEA) ile çoklu kırıklı bir mandibulada IMFV'nin kullanımını optimize etmeyi planladık. SEA yöntemi ile optimum redüksiyonun ve fiksasyon sağlanması için kullanılması gereken IMFV'nin sayı, lokasyon ve ligatürleme seçeneklerini biyomekanik analiz ile değerlendirdik. Çalışmamızda SEA için tomografi verilerinden 3 boyutlu isketsel model oluşturuldu. Modellemede sadece mandibula değil, maksilla, dişler ve temporomandibular eklem de dahil olmak üzere tümüyle modellendi ve sanal olarak okluzyon oluşturuldu. Ayrıca çiğneme kasları anatomik lokasyonlarına uygun olarak modellenerek gerçek kas kuvvetleri uygulandı. Mandibulada parasimfiz ve korpus kırıkları oluşturuldu ve 7 modelde IMFV farklı lokasyonlarda yerleştirildi ve farklı ligatürleme seçenekleri ile analiz edildi. 2 modelde ise miniplaklar ile internal fiksasyon analiz edildi. Sonuç olarak fiksasyon açısından miniplaklar kadar rijit bir yapı kurulmasa da IMFV'nin doğru lokasyon ve ligatürleme ile olumlu sonuçlar verdiği ortaya çıkmıştır.

Doktora eğitimimin ilk yıllarında bana danışmanlık yapan Prof. Dr. Selahattin OR'a, bilgi ve tecrübesiyle eğitim hayatım boyunca bana yol gösteren, sevgi ve şefkatini hiçbir zaman eksik etmeyen ve her zaman destek olan sevgili hocam Prof. Dr. Mine Cambazoğlu'na, tezimin temelini oluşturan ve büyük bir özveriyle her aşamada bana akıl hocalığı yapan Kırıkkale Üniversitesi Ağız Diş Çene Hastalıkları ve Cerrahisi A.B.D. öğretim görevlisi Prof. Dr. Ercüment Önder'e, büyük bir titizlikle tezimin matematiksel analizini tamamlayan çalışma arkadaşım Makine Mühendisi Emir Birant'a, her şeylerini feda ederek iyi bir eğitim almamı ve bana duydukları güven ve sevgi sayesinde bu günlere gelmemi sağlayan, ahlaklarını ve çalışma disiplinlerini hep örnek aldığım, varlıklarından dolayı kendimi şanslı hissettiğim babam Hasan GÜRSEL, annem Sabriye GÜRSEL ve abim Enis GÜRSEL'e sonsuz teşekkür ederim.

SİMGELER VE KISALTMALAR

cm	Santimetre
DVBT	Dental volumetrik bilgisayarlı tomografi
Gpa	Gigapascal
IMF	İntermaksiller fiksasyon
IMFV	İntermaksiller fiksasyon vidaları
mm	Milimetre
MPa	Megapascal
ORIF	Open reduction and internal fixation Açık redüksiyon ve internal fiksasyon
SDV	Self-drilling intermaksiller fiksasyon vidaları
STDV	Self-tapping ve self-drilling intermaksiller fiksasyon vidaları
STV	Self-tapping intermaksiller fiksasyon vidaları

ŞEKİLLER

- Şekil 1.1.** Self-drilling ve Self-tapping özellikleri bulunan intermaksiller fiksasyon vidalarına örnekler 15
- Şekil 1.2.** Paslanmaz çelik tel ile intermaksiller fiksasyon vidalarının çapraz ve düz ligatürlenmesi ile inermaksiller fiksasyonun sağlanması 18
- Şekil 3.1.** A modeline ait görseller (A) kırık hatları IMFV ve ligatürlerinin maksilla ve mandibuladaki görünümü, yanında stres değerlerine ait skala (B) IMFV ve ligatür tellerinde oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (C) Kemik dokusunda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (Görseldeki deplasmanlar 30 kat büyütülmüştür) 39
- Şekil 3.2.** B modeline ait görseller (A) kırık hatları IMFV ve ligatürlerinin maksilla ve mandibuladaki görünümü, yanında stres değerlerine ait skala (B) IMFV ve ligatür tellerinde oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (C) Kemik dokusunda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (Görseldeki deplasmanlar 30 kat büyütülmüştür) 40
- Şekil 3.3.** C modeline ait görseller (A) kırık hatları IMFV ve ligatürlerinin maksilla ve mandibuladaki görünümü, yanında stres değerlerine ait skala (B) IMFV ve ligatür tellerinde oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (C) Kemik dokusunda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (görseldeki deplasmanlar 30 kat büyütülmüştür) 41
- Şekil 3.4.** D modeline ait görseller. (A) kırık hatları IMFV ve ligatürlerinin maksilla ve mandibuladaki görünümü, yanında stres değerlerine ait skala (B) IMFV ve ligatür tellerinde oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (C) Kemik dokusunda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (görseldeki deplasmanlar 30 kat büyütülmüştür) 42
- Şekil 3.5.** E modeline ait görseller (A) kırık hatları IMFV ve ligatürlerinin maksilla ve mandibuladaki görünümü, yanında stres değerlerine ait skala (B) IMFV ve ligatür tellerinde oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (C) Kemik dokusunda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (görseldeki deplasmanlar 30 kat büyütülmüştür) 43
- Şekil 3.6.** F modeline ait görseller (A) kırık hatları IMFV ve ligatürlerinin maksilla ve mandibuladaki görünümü, yanında stres değerlerine ait skala (B) IMFV ve ligatür tellerinde oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (C) Kemik dokusunda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (görseldeki deplasmanlar 30 kat büyütülmüştür) 44
- Şekil 3.7.** G modeline ait görseller (A) kırık hatları IMFV ve ligatürlerinin maksilla ve mandibuladaki görünümü, yanında stres değerlerine ait

skala (B) IMFV ve ligatür tellerinde oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (C) Kemik dokusunda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (görseldeki deplasmanlar 30 kat büyütülmüştür)

45

Şekil 3.8. 2 plak ile fiksasyon modeline ait görseller (A) kırık hatları plakların ve maksilla ve mandibulanın görünümü, yanında stres değerlerine ait skala (B) plak ve vidalarda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (C) Kemik dokusunda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (görseldeki deplasmanlar 30 kat büyütülmüştür)

46

Şekil 3.9. 1 plak ile fiksasyon modeline ait görseller (A) kırık hatları plakların ve maksilla ve mandibulanın görünümü, yanında stres değerlerine ait skala (B) plak ve vidalarda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (C) Kemik dokusunda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (görseldeki deplasmanlar 30 kat büyütülmüştür)

47



ÇİZELGELER

Çizelge 1.1.	Mandibula kırıklarının ülkelere göre etyolojisi	7
Çizelge 1.2.	Lokasyonlarına göre mandibula kırıklarının dağılımı	7
Çizelge 2.1.	Tanımlanan materyallerin elastik katsayıları ve poisson oranları	37
Çizelge 2.2.	Çiğneme kaslarının kuvvet değerleri	38
Çizelge 3.1.	A modeline ait analiz sonuçları	40
Çizelge 3.2.	B modeline ait analiz sonuçları	41
Çizelge 3.3.	C modeline ait analiz değerleri	42
Çizelge 3.4.	D modeline ait analiz sonuçları	43
Çizelge 3.5.	E modeline ait analiz sonuçları	44
Çizelge 3.6.	F modeline ait analiz sonuçları	45
Çizelge 3.7.	G modeline ait analiz sonuçları	46
Çizelge 3.8.	İki plak ile fiksasyon modeline ait analiz sonuçları	47
Çizelge 3.9.	Bir plak ile fiksasyon modelinin analiz sonuçları	48
Çizelge 3.10.	Kırık hattında meydana gelen deplasman miktarı ve von Misses stres değerleri	49

1. GİRİŞ

Vücutta en fazla travmaya maruz kalan alanlardan biri kraniyofasiyal bölgedir. Mandibula ise konumu ve morfolojisi açısından nazal kemikle beraber en çok kırılan kemiktir (Venugopal ve ark., 2010).

Kırık tedavisinde amaç en kısa zamanda hastaya doğru okluzyon ve fonksiyonun kazandırılmasıdır. Başarılı bir tedavi için kırık hattında iyileşme gerçekleşene kadar, doğru anatomik ilişkide kemiğin fiksasyonunun sağlanması en önemli kuraldır. Fiksasyon; kemik fragmanlarının stabilizasyonu, redüksiyon; kırık komşuluğundaki segmentlerin normal anatomik pozisyonlarına getirilmesidir. Çene kırıklarında, konservatif yöntem olarak kırığın kapalı redüksiyonu ve intermaksiller fiksasyonu (IMF) ya da invaziv yöntem olarak kırığın açık redüksiyonu ve internal fiksasyonu (ORIF-Open Reduction and Internal Fixation) olmak üzere iki temel tedavi seçeneği vardır.

Her iki tedavi seçeneğinde de IMF doğru bir okluzyonun kurulabilmesi ve idamesinin sağlanabilmesi için önemli bir basamaktır. Bu amaçla Erich ark barlar, Ivy loops ligatürü, Ernst ligatürü, ortodontik braketler, İntermaksiller fiksasyon vidaları (IMFV) gibi birçok farklı yöntem kullanılır. Ark barlar ile IMF geleneksel olarak uygulanan standart bir yöntemdir. Fakat uygulamanın zaman alması, kullanılan tellere bağlı yaralanmaların olması, oral hijyen idamesinin zor olması, sistemin periodontal dokulara zarar verebilmesi gibi dezavantajları vardır.

Son dönemde kortikal kemik vidaları bu geleneksel materyallerin yerini almaktadır. Alveol kemiğine yerleştirilen bu vidalar, ligatürleme için özelleştirilmiş vida başları sayesinde IMF için ankraj olarak kullanılmaktadır.

Kemik vidaları ilk kullanıldıklarında kanca şeklindeki askıları veya 2-3 delikli plakları fikse etmek amacıyla kullanılmışlardır (hanger plate). Vidalarla sabitlenen bu kanca ve plaklar ligatürleme için ankraj bölgeleri olarak kullanılmışlardır. Nazal Spinanın hemen altına ve mental protuberense yerleştirilerek spinomental fiksasyon için kullanılan basit bir yöntemdir (Poeschl ark., 2008). Kortikal vidalara ligatürlemenin yapılabilmesi için ligatür tellerinin oturabileceği oluklar veya tellerin içinden geçebileceği kanallar içeren baş kısmının eklenmesi sonucu IMFV ortaya çıkmıştır. IMF vidalarının kullanılması ilk olarak 1989 yılında Arthur ve Berardo tarafından açıklanmıştır (Cornelius ve Ehrenfeld, 2010). Mukozanın dışında kalması için özelleştirilmiş baş kısmına sahip self-tapping veya self-drilling özelliklere sahip bu vidaların kullanımı gün geçtikçe artmaktadır.

IMFV yeterli fiksasyonu sağlaması, atravmatik oluşu, hijyen kolaylığı, hızlı ve pratik uygulanması açısından ark barlara göre avantajları olan bir yöntemdir (Gibbons ve Hodder, 2003). Vidalar ile IMF kolay, hızlı ve güvenilir bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Genel uygulama olarak; her kadrana bir adet olmak üzere dört vida kanin ve birinci premolar dişlerin apikalleri hizasından yerleştirilir (Jones, 1999). Vidaların baş kısmının içinden geçen ya da etrafından dolanan teller ve lastikler yardımı ile IMF sağlanır.

IMFV tanımlandıkları günden bu yana tedavi için değişik sayılarda ve ligatürleme şekilleriyle kullanılmıştır. Uygulanan tekniklerde vida sayıları kırığın tipi ve lokalizasyonuna göre dörtten ona kadar değişmekte olup çeşitli ligatürlemeler yapılmıştır (West ve ark., 2014). Fakat literatürde IMFV'nın kullanımı ile ilgili kırığın tipine, sayısına, lokalizasyonuna göre standardize edilmiş bir yöntem bulunmamaktadır.

Sonlu eleman analizi (SEA) sanal ortamda iskeletsel yapının modellenmesi ve oluşturulan modellerle fiziksel materyallerin özelliklerine göre ölçümler yapılmasını sağlar. SEA, Oral maksillofasiyal cerrahi ve ortopedide kullanılan materyallerin biyomekanik özelliklerini, yükleme koşulları altında test etmek amacıyla

kullanılmaktadır. SEA fiksasyon güvenilirliğinin test edilmesinde sık kullanılan, kuvvetlerin ve kullanılan materyalin özelliklerinin değiştirilebildiği bir yöntemdir.

Bu çalışmada mandibulada oluşturulan parasimfiz ve korpus kırıklarında, IMFV'nin lokasyonlarının, sayısının ve ligatürleme seçeneklerinin sonlu eleman analizi (SEA) ile değerlendirilecektir. Bu sayede IMFV'nin kullanımının optimize edilmesi amaçlanmaktadır.

1.1. Mandibulanın Anatomisi

Kafa iskeletinin en büyük, en sağlam ve tek hareketli kemiğidir. Alt yüz bölgesini oluşturur. Temporal kemikle eklem yaparak hareketini gerçekleştirir. Bu eklem hem rotasyonel hem de translasyonel hareket yapabilme kabiliyetindedir. Mandibula hem içerdiği dokular ve komşulukları hem de fonksiyonu açısından çok önemli bir kemiktir. corpus ve ramus mandibula olmak üzere temel olarak iki bölümden oluşmaktadır.

Corpus mandibula, Mandibulanın horizontal olarak duran at nalına benzeyen kısmıdır. Basis mandibula ve dişlerin yer aldığı pars alveolaristen oluşmaktadır. Mandibulanın orta hattına symphysis mandibula adı verilir. Kanin dişlerin arasında yer alan bölgeye parasimfisis denilmektedir. Parasimfiz bölgede kabarık alan üçgen şekilde protuberantia mentalis alt köşelerde ise tuberculum mentale denen yapılar vardır. Parasimfisis bölgesinden angulusa kadarki kısım ise gövde (korpus) olarak adlandırılmaktadır. Premolar dişlerin inferiorunda foramen mentale bulunur. Genellikle 2. premolar dişlerin hizasında yer alır. Dış yüzde ramus mandibulanın ön kenarından aşağı doğru inen çizgiye Linea Obliqua denir.

İç yüzün ortasında yer alan spina mentalis yer almaktadır. Spina mentalisin her iki yanına musculus digastricusun anterior kolu fovea digastricada yapışır. İç yüzünde, üçüncü molar hizasından spina anteriora doğru uzanan çizgiye linea

mylohyoidea denir. Bu çizgiye yapışan musculus mylohyoidea, fovea sublingualisi fovea submandibularisten ayırır.

Ramus mandibula ise mandibulanın arkadaki bölümüdür. Corpus mandibuladan yukarı ve arkaya doğru devam eder. Ön kenarı keskin ve konkav yapıda olup aşağıda linea obliqua ile birleşir. Yirmi yaş bölgesinde trigonum retromolareyi oluşturur. Ramusun iç yüzünde bulunan foramen mundibuladan arter, ven ve nervus alveolaris inferior mandibulaya girer ve mandibular kanalı takip ederek foramen mentaleden kemiği terk eder. Arka sınırında alt köşeye angulus mandibula adı verilmiştir. Üst kenarında processus coronoideus ve processus condylaris bulunur. Processus condylarisin baş kısmına caput mandibula denir ve articulatio temporomandibularisin hareket eden kısmını oluşturur. Processus condylarisi ramusa bağlayan boyun kısmı collum mandibuladır. Collum mandibulanın ön kısmında fovea pterygoidea bölgesine musculus pterygoideus lateralis yapışır. İnce ve sivri olan processus coronoideusa musculus temporalis yapışmaktadır. Caput mandibula ve processus coronoideus arasındaki geniş ve derin eğime incisura mandibula adı verilir. Ramusun dış yüzeyinde musculus massetericusun yapıştığı tuberositas masseterica, iç yüzeyinde musculus pterygoideus medialisin yapıştığı tuberositas pterygoidea bölgeleri bulunur. Mandibulayı hareket ettiren kaslara çiğneme kasları denir. Bunlar M. Massetericus, M. Temporalis, M. Pterygoideus medialis, M. Pterygoideus lateralis kaslarıdır.

M. massetericus, arcus zygomaticusun alt kenarı ve medial yüzünden başlar. Ramus mandibulanın lateral yüzünde tuberositas massetericada sonlanır. Çift taraflı çalıştığında mandibulayı yukarı doğru çekerek ağzı kapatır. Tek taraflı çalıştığında çeneyi kendi tarafına çeker.

M. temporalis yelpaze şeklinde olup temporal bölgeyi kapsar. Temporal kemiğin pars squamosa, linea temporalis inferior ve fascia temporalisin derin yaprağından başlar, proc. coronoideus ve ramusun ön duvarında sonlanır. Çift taraflı kasıldığında mandibulayı yukarı çeker ve ağzı kapatır. Arka horizontal uzanan lifleri kısılcıca protrüzyonda olan mandibulayı retraksiyona getirir.

M. pterygoideus medialis kalın ve dikdörtgen şeklinde bir kastır. Bu kas; lamina lateralis processus pterygoideanın medial yüzü, palatin kemiğin proc. pyramidalisi ve tuber maksilladan başlar. Ramusun iç yüzeyinde tuberositas pterygoideaya tutunur. Çift taraflı çalıştığında mandibulayı yukarı kaldırırken tek taraflı kasıldığında kendi tarafına çeker. M. pterygoideus lateralisle birlikte çeneyi öne doğru çeker.

M. pterygoideus lateralis kısa kalın ve iki başlı bir kastır. Superior başı sphenoid kemiğin infratemporal boşluğa bakan yüzünden ve temporal kemiğin crista infratemporalisinden başlayarak, discus articularise ve art. temporomandibularisin eklem kapsülünde son bulur. Inferior başı ise lamina lateralis proc. pterygoideinin dış yüzünden fovea pterygoideaya uzanır. Ağız açan kastır. Çift taraflı kasıldığında mandibulayı öne ve aşağıya çeker. Tek taraflı kasıldığında çeneyi karşı tarafa doğru iter.

Temporomandibular eklem, temporal kemikte bulunan fossa mandibularis ve tuberculum articularis ile caput mandibula arasında yer alır. Kafa iskeletini meydana getiren kemikler arasında hareketli olan tek eklemdir. Bu eklem hem rotasyonel hem de translasyonel hareket yapabilme kabiliyetindedir. Çene eklemine meydana getiren kemik yüzeyleri fibröz kıkırdak ile kaplıdır. Eklem yüzleri birbirine uymadığı için eklem boşluğunda fibröz kıkırdaktan oluşan bir discus articularis bulunur. Discus articulare caput mandibula ve fossa mandibula ile tuberculum articulare arasında bulunan oval fibröz kıkırdak dokudur. Anterionda eklem kapsülü ve kısmen m. pterygoideus lateralisle arkada retrodiskal dokular ile kaynaşır. Medial ve lateralden eklem kapsülüne bağlı değildir. Bu sayede çene hareketlerinde discus articularis anteroposterior hareket yapabilir. Discus articularis, fonksiyon sırasında temporal ve mandibular yüzeyler arasındaki uyumsuzlukları tolere edebilecek bir yapıdadır. Diskin alt yüzeyi caput mandibulaya uyacak şekilde konkavdır. Üst yüzeyi ise fossa articulareye oturacak şekilde konvektir.

Discus artikularis eklem boşluğunu alt ve üst olmak üzere 2 boşluğa ayırır. Discus articularis, eklem yüzeylerini çepeçevre saran eklem kapsülüne yapışır.

Eklem kapsülü temporal kemikte tuberculum articularenin önüne, arkada fissura petrotympanicaya aşağıda ise collum mandibulaya yapışarak eklemi çevreler. Discus articularis, mandibulaya temporal kemikten daha sıkı yapışır. Bu nedenle çene hareketlerinde mandibula ile hareket eder. Ağızın açılması sırasında öne doğru kayarak caput mandibula ile tuberculum articularenin önüne kadar geçer. Eklem kapsülü, eklem yüzeylerine göre oldukça geniştir. Bu nedenle caput mandibula kolaylıkla tuberculum articulareyi aşabilir.

1.2. Mandibula Kırıklarının İnsidansı ve Etyolojisi

Maksillofasiyal fraktürlerin etyoloji ve insidansı hakkında ülkelere göre değerlendirilmiş birçok makale bulunmaktadır. Kırıkların başlıca sebepleri trafik kazaları, saldırı ve şiddet, düşmeler ve spor yaralanmalarıdır. Yapılan retrospektif çalışmalarda görülmüştür ki; mandibula kırıklarının etyolojisi ve insidansı sosyo-ekonomik, kültürel ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Yapılan çalışmalardan alınan veriler doğrultusunda ortaya çıkan çizelgede ülkelere göre etyolojisinin sıralaması ve karşılaştırılması verilmiştir (Çizelge 1.1.). Buna göre Türkiye’de en çok mandibula kırığına sebep olan olay trafik kazaları iken ABD’de şiddettir. Kırıklarda cinsiyet dağılımına baktığımızda genel olarak benzer değerler ortaya çıkmaktadır. Erkek:kadın oranı 4:1’dir. En sık kırık görüldüğü yaş aralığı ise 20 ve 30’lu yaşlardır (Dongas ve Hall, 2002; Adebayo ve ark., 2003; Oikarinen ve ark., 2005; Simsek ve ark., 2007; Iida ve ark., 2001; Ogundare ve ark., 2003).

Mandibular kırıkların anatomik dağılımı da literatürde oldukça değişkenlik göstermektedir (Sakr ve ark., 2006; Imazawa ve ark., 2006; Stacey ve ark., 2006). Bazı yayınlara göre en çok kırılan bölge angulus iken (Chuong ve ark., 1983; Cabrini Gabrielli ve ark., 2003), diğerlerinde corpus (Olson ve ark., 1982) başka çalışmalarda ise simfizis olarak ortaya çıkmıştır (Patrocínio ve ark., 2005). Maksillofasiyal bölgedeki 1508 kırık hattının değerlendirildiği bir çalışmada en sık kırılan kemiğin mandibula olduğu görülmüştür (854 hasta, %56,9). Orta yüz kırıkları %25,9 insidansla mandibulayı izlemektedir. Her iki bölge de aynı anda kırık görülen hasta sayısı 101’dir (%6,7). İzole alveolar kırık olan hasta sayısı ise

158'dir(%10,5)(İda ve ark., 2001). Mandibulada; 491 (%51,4) hastada tek kırık hattı, 381 (%39,9) hastada iki kırık, 233 (%15,5) hastada 3 ve daha fazla kırık tespit edilmiştir(İda ve ark., 2001). (Çizelge 1.2.)

Çizelge 1.1. Mandibula kırıklarının ülkelere göre etyolojisi

	ABD		TÜRKİYE		JAPONYA	
	N	%	N	%	N	%
Silah yaralanmaları	367	53,7	56	26,7	233	15,5
Trafik kazaları	187	28,1	76	36,2	347	23,1
Düşme	47	7,1	47	22,4	248	16,6
Spor yaralanmaları	14	21,1	5	2,4	146	9,7
Diğer	50	7,5	26	12,4	88	5,9

Çizelge 1.2. Lokasyonlarına göre mandibula kırıklarının dağılımı

	TÜRKİYE		ABD		JAPONYA	
	N	%	N	%	N	%
KORPUS	73	29,0	240	23,1	152	12,5
SİMFİZİS	57	22,6	268	25,7	456	27
ANGULUS	69	27,4	287	27,6	326	26,8
RAMUS	9	3,6	41	3,9	57	4,6
KONDİL	40	15,8	197	18,9	518	16,2
ALVEOL	4	1,6	8	0,8	158	12,9

1.3. Kırıklarda Radyolojik Muayene

Periapikal Radyografi: Kök kırığı, kök gelişim düzeyi, periodontal hastalığın varlığı, ekstrüzyon ve intrüzyon varlığı ve derecesi gibi dişi ilgilendiren konularda detaylı fikir vermektedir.

Panoramik Radyografi: Mandibula kırıkları hakkında pratik ve geniş kapsamlı bilgi veren radyografidir. Kondillerle birlikte tüm mandibulayı ve dişleri tek filmde detaylı olarak gösterir.

Posteroanterior Radyografi: Posteroanterior film, ramus, angulus, korpus ve simfizdeki medial veya lateral deplasmanları gösterir. Kondiller iyi görülmezken orta hat ve simfiz kırıkları iyi görülür. Anteroposterior görüntü supin pozisyonuna getirilemeyen hastalarda kullanılır. Ancak, fazla büyütme ve distorsiyon meydana gelir.

Oklüzal Radyografi: Mandibulanın oklüzal grafilinde korpusun medial ve lateral pozisyonundaki kırıkları ile simfizdeki anteroposterior deplasmanlar görülmektedir. Dentoalveolar kırıkları görmede faydalıdır.

Reverse Towne's Radyografisi: Reverse Towne's grafisi kondil ve kondil boynu kırıklarının medial deplasmanını göstermede idealdir. TME'in transkraniyal lateral görüntüsü kondil kırıklarının ve kondil başının anterior deplasmanının görülmesini sağlar.

Lateral Oblik Radyografi: Mandibulanın lateral oblik görüntüsü, angulus, ramus ve posterior korpus kırıklarının görüntülenmesinde faydalıdır. Basit bir tekniktir. Simfiz ve kondil bölgeleri net görülmez.

Bilgisayarlı Tomografiler (BT) ve Spiral Tomografiler: Bilgisayarlı tomografiler mandibula kırıklarında, özellikle de kondil kırıklarının tanısında kullanılmaktadır. Fazla radyasyon alınması ve maliyetin yüksek olmasına rağmen, diğer tekniklerin yetersiz kaldığı durumlarda kullanılması gerekmektedir.

1.4. Kırıkların Sınıflandırılması

Kırığın tipine göre yapılan sınıflama;

- Yeşil ağaç kırığı: Tek kortikal tabakada meydana gelen kırıktır. Kemikte devamlılık kaybı yoktur. Sıklıkla çocuklarda meydana gelir.
- Basit kırık: Deri ve mukozanın açılmadığı kapalı kırıktır.

- Bileşik (açık-kompound) kırık: Deri ve mukozanın açıldığı ya da periodontal ligament aracılığıyla dış ortama açılan kırık tipidir.
- Parçalı (kommünike) kırık: Büyük miktarda kuvvete maruziyet sonucu oluşan ikiden fazla fragmanı olan kırık tipidir.
- Kompleks kırık: Komşu dokularda hasar oluşmuş kırık tipidir.
- İç içe geçmiş(teleskop) kırıklar: Kırık olan segmentin diğerine inoküle olduğu kırıklardır.
- Patolojik kırıklar: Hastalıklı kemikte normal fonksiyon sırasında oluşan kırıklardır.

Kırıkların lokalizasyonlarına göre sınıflanması (Cornelius ve ark., 2014);

- SİMFİZ: Protuberantia mentalisin bulunduğu iki santral dişin mezialinde kalan dar bir alandır.
- PARASİMFİZ: Kanin dişlerin distalinden geçen çizgi ile simfiz arasındaki alandır.
- KORPUS: Kanin dişin distalinden ikinci molar dişin distaline kadar olan horizontal seyirli kemik bölgesidir. Retromolar alana kadar olan bölgedir.
- ANGULUS: Yirmi yaş dişlerinin ve retromolar fossanın olduğu alandan angulus mandibulaya uzanan alandır.
- RAMUS: Proc. coronoideusun ve proc. condilarisin angulus mandibulanın sınırladığı beşgen görünümlü vertikal gövdedir.
- KONDİLER PROSES
- KORONOİD PROSES

1.5. Kırıklarda Kemik İyileşmesi

Kemik iyileşmesi fiziksel, biyomekanik ve biyokimyasal etkilerin içinde bulunduğu karışık ve dinamik bir işlemdir. Normal kemik iyileşme süresi hastanın

yaşına bağlı olarak 4 ila 8 hafta arasında değişmektedir (Chacon ve Larsen., 2004). Kemik iyileşmesi, travma sonrası kanama ve enflamatuvar aşama ile başlar. Oluşan pıhtı ve granülasyon dokusu sayesinde kırık fragmanlar arası ilişki sağlanır. Bu aşamada enflamasyon ve revaskülarizasyonun belirtisi olarak, şişlik ve eritem klinik olarak izlenebilir. Üç ila dört günlük süre içerisinde kırık etrafında yumuşak doku oluşur. Bu safhaya “yumuşak kallus” adı verilir. Bu safha aylarca sürebilir ve kırık fragmanları birbirine bağlar. “Sert kallus” ise yumuşak kallusun mineralizasyonu ve kemik yapıya dönüşümü sonucunda oluşur. Bu aşamalar; yaklaşık olarak iki aylık bir süreyi kapsar. Sert kallusun oluşmasından itibaren kırık bölgesi radyografik olarak iyileşmiş durumda görülür. Ancak bu bölgede genellikle fazlalık kemik doku bulunur. Modeling ve remodeling işlemleri ile kortikal kallus yoğun kompakt kemiğe dönüşür. Açık redüksiyon ve internal fiksasyon uygulandığı durumlarda ise kemikte primer iyileşme gerçekleşir ve kemik iyileşmesinin kartilaj ara evresi atlanmış olur. Yani yumuşak ve sert kallus oluşumu evreleri atlanır ve fragmanlar arasında direk kemik oluşur. Fragmanların uygun pozisyonda birbirlerine yaklaştırılmaları, yakın teması ve hareketsiz kalmaları sonucunda direk kemik oluşumu hızlanmış olur (Chacon ve Larsen., 2004).

1.6. Mandibula Kırıklarının Tedavileri

Tedavi tercihi; fiziksel muayene bulguları, görüntülemelerden elde edilen bulgular, yaralanmanın derecesi (tek ya da çift taraflı kırık), kırığın tipi, deplasman ya da dislokasyon olup olmaması ya da bunların derecesi, dişlerin ve okluzyonun durumu, açık yara olup olmadığı, cerrahın tecrübesi, klinik ekip ve ekipman, hastanın yaşı, fiziksel durumu ve ameliyat olup olmama isteği göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.

Başarılı bir tedavi için kırık hattında iyileşme olana kadar doğru anatomik ilişkide kemiğin fiksasyonunun sağlanması en önemli kuraldır. Kırık fragmanları arasında tam bir immobilizasyon ve yakın temas iyileşmeyi hızlandırmakta ve komplikasyon risklerini azaltmaktadır (Moreno ve ark., 2000). Her türlü mandibular kırığa karşı ilk müdahale, eğer mümkünse, kazadan itibaren ilk 12 saat içinde

yapılmalıdır. Geciken müdahalelerde enfeksiyon riski ve komplikasyonlar artmaktadır (Bins ve ark., 2015; Vázquez-Morales ve ark., 2013).

ORIF (Open Reduction and Internal Fixation) ile tedavide amaç kırık parçaların tekrar anatomik pozisyonlarına getirilmesi ve rijit fiksasyonunun sağlanmasıdır (Choi ve ark., 2003). Böylelikle hasta kısa zamanda fonksiyonlarına kavuşabilir. Takenoshita ve arkadaşlarına göre açık tedavi ve kapalı tedavinin okluzyon açısından sonuçları aynıdır ancak açık tedavide hastalar daha çabuk fonksiyonlarını kazanabilmektedir (Takenoshita ve ark., 1990). Kapalı tedavi, fonksiyonel tedavi ile birlikte hala en çok kullanılan tedavi şeklidir. Günümüzde kapalı tedavi, çoğu vakada olumlu sonuç vermesi ve açık tedavinin kapalı tekniğe göre daha üstün olduğunu kanıtlayan geniş vaka serilerine dayanan bilimsel verilerin yetersiz oluşu nedeniyle, birçok yazar tarafından savunulmaktadır.

1.6.1. Kapalı Redüksiyon ve IMF

Yüzlerce yıldır mandibular kırıklar kapalı redüksiyon ve IMF yöntemleri ile tedavi edilmektedir. IMF ile kırık segmentlerin immobilizasyonu ile kemik iyileşmesi sağlanmaktadır. Tedavide kırığın bölgesi ve özellikleri, tedavi seçeneklerinin morbiditeleri göz önünde bulundurulmalıdır. Ankiloz ve ağız açıklığında azalmanın önüne geçmek için mandibulanın erken mobilizasyonu düşünülmelidir. Erken mobilizasyon özellikle intrakapsüler kondil kırıklarında ankilozu engellemek açısından önemlidir. Basit oluşu, operasyon süresinin kısa oluşu, komşu anatomik yapılara daha az zarar verilmesi kapalı tedavinin başlıca avantajlarıdır. Kırık hattında redüksiyonun görülmemesi, hastanın sulu diyete mahkum olması, konuşma ve solunum zorlukları ise kapalı tedavinin dezavantajları olarak öne çıkmaktadır. IMF sırasında hastanın beslenmesi önemlidir. Kilo kaybı ve katabolik reaksiyonlar, iyi yapılmış redüksiyon ve fiksasyona rağmen tedavinin başarısız olmasına neden olabilmektedir. Geleneksel olarak kırık tedavisi için hastalara ortalama 6 hafta süre ile IMF uygulanır. Fakat, Juniper ve Awty (1973), yaptıkları çalışmada kapalı yada açık redüksiyonla tedavi edilen mandibular kırıkların 80%'nin 4 haftada kaynadığını ortaya koymuştur. Kaynama süresi ve

hastanın yaşı arasında da korelasyon vardır. Çocuklarda kemik iyileşmesi 2 haftada gerçekleşirken yaşlı popülasyonda bu süre 8 haftayı bulmaktadır (Amaratunga, 1987). Mandibula kırıklarının kapalı tedavisinin kemik, kaslar, sinoviyal eklem ve periartiküler yumuşak dokularda birtakım yan etkileri vardır. Kemiklerin immobilizasyonuna bağlı olarak, kortikal ve trabeküler incelmeye, vaskülerizasyonda azalma ve osteoklastik aktivitede artış olduğu uzun süredir ortopedi literatüründe yer almaktadır.

1.6.1.1. İntermaksiller Fiksasyon (IMF)

İntermaksiller fiksasyon (IMF) çene kırıklarının tedavisi ve rekonstrüksiyonunda maksillofasial ve plastik cerrahlar tarafından kullanılan temel bir yöntemdir. 2000 yıldır kırık tedavisinde ve dental problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Tarihi hipokrata kadar dayanmaktadır. Son 100 sene de birçok teknik geliştirilmiştir. Bazıları hala güncel olarak kullanılmaya devam etmektedir (McGinn ve Fedok, 2008).

IMF'nin temel kuralları;

Oklüzyonun optimal durumda kurulması ve korunması IMF'nin temel hedefidir.

- 1- Kırığın immobilizasyonu; ister travmatik fraktür olsun ister açık cerrahide olsun, kemiğin 2 hattı arasında hareketin engellenmesi zamanında ve iyi bir iyileşme için gereklidir.
- 2- Dişlerin canlılığının korunması kemiğin vaskülerite ve stabilitesine bağlıdır. IMF teknikleri kullanılırken dişlere zarar verilmemeli ve canlılıklarının devamlılığı sağlanmalıdır.
- 3- Erken fonksiyon: Bir takım klinik durumlarda, proc. condilaris ve caput mandibula kırıkları gibi, hareketsizlik IMF ile sağlanmak zorundadır.

Fakat temporomandibular eklemnin rehabilitasyonu ve ankilozun önüne geçmek için fiksasyonun süresi kısaltılmalıdır.

Kapalı redüksiyonla tedavide, IMF'ü sağlamak amacıyla Erich ark barlar, Ivy loops, Ernst ligatürü, ortodontik braketler, intermaksiller fiksasyon vidaları (IMFV) gibi teknikler kullanılır.

Erich ark barlar: Uzun süreden beri IMF sağlamak için güvenilir bir metod olarak kullanılmaktadır. Dişlerin servikal hizasına gelecek şekilde yerleştirilen şineler teller ile dişlere fikse edilir. Şinelerin üzerinde bulunan askılara 24-26 Gauge teller asılıp saat yönünde çevrilerek çenelerin kilitlemesi sağlanır. Şineler dişlere bağlanırken, dişlerin mezial kısımda teli barın apikalinden geçirmek kolaylık sağlayabilir. Erich ark barla fiksasyonda büyük fragmandan başlamak avantajlı olacaktır. Erich ark barların kullanımında dişlerin sağlığı önemlidir. Çok sayıda eksik diş veya avülse diş varsa ya da dentoalveolar fraktür ve kommünike kırık mevcutsa ark barların kullanımı zorlaşmaktadır (McGinn ve Fedok, 2008).

Ivy loops: Ivy loops ilk zamanlardan beri IMF sağlamak için kullanılan yöntemlerden birisidir. Sadece teller kullanılarak uygulanır. Dişlerden destek alarak uygulanan bu yöntemde komşu dişlerin etrafından dolanan telin ucundaki damla şeklindeki boşluktan teller geçirilir ve tel bükülerek ivy loop dişlere fikse edilir. Alt ve üst çenedeki karşılıklı dişlere fikse edilen Ivy loopslar birbirine bağlanarak IMF sağlanmış olur. Ivy loops'un çocuklarda karışık ve primer dentisyonda kullanımının avantajlı olduğunu gösteren yayınlar vardır (Smartt ve ark. 2005).

Ernst ligatürü: Ernst ligatürleri ivy loops gibi tel yardımı ile dişlerden destek alan fiksasyon yöntemidir. Geçici fiksasyonda ve basit kırıkların tedavisinde kullanılabilen basit bir yöntemdir. Kommünike kırıklarda ve kırık hattının stabil olmadığı vakalarda kullanımı uygun değildir. Dişlerden kuvvet alan bu yöntemde de dişlerde fraktür ve lüksasyonun olmaması gerekir. Genellikle premolar ve kanin dişler kullanılır. 2 komşu diş arasından bukkolingual geçirilen tel distalde bulunan dişin lingual/palatalinden dolanarak bukkal tarafa alınır. Telin aynı ucu mezialdeki

dişin mezialinden geçirilir. Tel dişin lingual/palatalinden dolaşarak yine 2 komşu dişin arasından bukkale çıkarılır ve bükülerek ligatür dişlere fikse edilir. Daha sonra alt ve üst çenede bulunan bu ligatürler birbirlerine bağlanarak IMF sağlanır (McGinn ve Fedok, 2008).

1.6.1.2. İntermaksiller Fiksasyon Vidaları (IMFV)

IMFV travma sonrası IMF sağlamak için kemiğe yerleştirilen bikortikal vidalardır. IMFV'nın IMF'da geleneksel yöntemlere alternatif olarak kullanılması ilk olarak 1989 yılında Arthur ve Berardo tarafından açıklanmıştır. İlk olarak tanıtıldıklarında IMFV'nı yerleştirmeden önce drill yardımı ile yuvalarının açılması gerekmektedir. Bu IMFV'na Self-tapping vidalar (STV) denmektedir. Drilleme esnasında dönüş hızı 1800rpm'i geçmemelidir ve bölge salin solüsyon ile yıkanarak soğutma işlemi kesinlikle yapılmalıdır. Yüksek hızlarda çalışılması ya da düzgün soğutma yapılmaması halinde kemikte nekroz gelişebilir ve IMFV kemik içinde gevşeyebilir. Daha sonradan Self-drilling (SDV) IMFV üretilmişlerdir. Self-drilling vidalar direkt manuel olarak kemiğe çakılabilmektedir. Günümüzde IMFV hem self-tapping hem self-drilling özelliklerini taşıyacak şekilde üretilmektedir. IMFV'nın kemiğe yüksek tork kuvvetiyle yerleştirilmesi gerekmektedir. IMFV için değişik tornavidalar bulunmaktadır. En sık kullanılan yıldız tornavidadır. Kare soket içeren tornavidaysa, vidanın retansiyonunu ve yerleştirme sırasındaki torku artırır. Konvansiyonel titanyum vidalar ligatürleme sırasında deforme olmaya ve bükülmeye eğilimlidirler. Vidada kırılma veya bükülme olmaması için paslanmaz çelik veya high-grade(yüksek yoğunluk) titanyumdan üretilmektedirler (Gibbons ve Hodder, 2003; Jones, 1999).

IMFV'nın şaftının uç kısmı sivriltilmiştir. Self-tapping vidalarda kemik debrisine rezervuar oluşturmak için oluklar mevcuttur. Self-drilling vidaların ucuyasa kemiğe daha kolay penetre olması için drill şeklindedir. IMFV'nın şaftı ve yivlerin yapısı mini vidalara benzemektedir (Şekil 1.1).

IMFV'nın baş kısmı makaraya benzerdir. Vidaların baş ve boyun kısmı değişiklik gösterebilmektedir. Baş kısmının apikalinde 7-9mm genişliğinde bir disk bulunmaktadır. Bazılarında ise başın alt ve üst tarafında metal silindir mevcuttur. Bu metal silindirler ligatür tellerinin kaymasını önlemektedir. Ayrıca baş kısmın apikalinde bulunan bu yapı omuz görevi görerek vidanın mukozaya gömülmesini önlemektedir. Vida başının üstü bukkal mukozaya zarar vermesin diye yuvarlatılmıştır ve parlatılmıştır. Amaç mukozada oluşabilecek erozyon ve ülserasyonların önüne geçmektir. Ayrıca vidaların baş kısmına bir veya iki adet kanal mevcuttur. Ligatür telleri bu kanallardan geçirilerek bağlanır ve IMF süresince hareket etmeleri önlenir. Daha önemlisi teller mukozaya ve dişlerden uzaklaştırılmış olacağından mukozaya ve dişlere zarar vermesi önlenir.



Şekil 1.1. Self-drilling ve Self-tapping özellikleri bulunan intermaksiller fiksasyon vidalarına örnekler

1.6.1.2.1. IMFV'nın Avantajları

IMFV uygulaması, açık veya kapalı redüksiyonla uzun süreli fiksasyon yapılacak tedaviler için kullanışlı bir yöntemdir. Konservatif tedavilere kıyasla yeterli bir okluzyon kontrolü sağlamakla beraber,

1. Operasyon süresinin kısalması
2. Ağrının az olması

3. Dişlere ve protezlere kuvvet uygulamaması
4. Marjinal gingivanın travmadan korunması
5. Anestezi yapılmadan kolayca çıkarılabilmesi
6. Oral hijyenin idamesinin kolay oluşu
7. Eldiven perforasyon riskinin düşük olması ve çapraz enfeksiyonu azaltması
8. Çok sayıda köprü ve kron bulunan hastalarda da uygulanabilmesi gibi bir çok avantajı bulunmaktadır (West ve ark., 2014; Avery ve Johnson., 1992).

1.6.1.2.2. IMFV'nın Lokalizasyonları

Vidaların yerleştirileceği yerler; kırık lokalizasyonu, dişlerin durumu, flep sınırları, kırık bölgesindeki kemiğin uygunluğu ve kalitesine bağlı olarak değişmektedir. Mandibulada lateral alveoler proses, retromandibular alan ve mental protuberans 6mm'ye varan sabit, kalın ve düz kortikal kemik içermektedir. Fakat maksillada kortikal kemik yoğunluğu ve kalınlığı oldukça azalır. Her iki çenede de anterior vestibüler bölge ve kanin premolar arası(transizyonel alan) en ulaşılabilir yerlerdir ve kemik yoğunluğu ve diş köklerinin posterior bölgeye kıyasla daha az yer kapladığı bir alan olması açısından oldukça uygun alanlardır.

Yerleşim için düşünülen alanların radyografik incelemeyle değerlendirilmesi gerekmektedir. Panoromik ve CBCT kullanılarak; diş kökleri, maksiller sinüs, mandibular kanal ve mental foramen tespit edilerek vidalar bu alanları koruyarak yerleştirilmelidir.

Anterior maksillada nazal spinanın altı, diş köklerinin üzerindeki priform rim güvenilir bir alan olarak gözükmektedir. Mandibulada parasimfiz ve simfiz bölgesinde diş köklerinin apikali güvenilir bölgelerdir. Posterior alanda; maksillada zigomatik butress ve mandibulada eksternal oblik kenar uygun bölgelerdir. Alveoler kemikte koronale doğru gidildikçe interdental aralık daraldığından vidalar

yerleştirilirken diş köklerine zarar verme riski artmaktadır. Molar bölge de diş köklerinin genişliği ve düzensizliğinden ötürü riskli bir bölgedir.

Yerleşim yeriyle ilgili dikkat edilecek ayrı bir nokta da yumuşak dokulardır. Uzun süreli IMF yapılacak noktalarda vidaların mukozaya gömülmesi problem yaratacaktır. Üst anterior bölgede labial frenilum uygulamayı zorlaştırırken alt anterior bölgede mental kas sorun yaratmaktadır. Alt çenede IMFV açılı konularak bu problem aşılabilir. Alt premolarlar hizasında, mental sinir bölgesindeki mukozadan kaçılmalıdır. Bu bölgede sinirin dalları vidaya veya drille dolanabilir ve zarar görebilir. Mukogingival birleşim vida yerleşimi için rehber alınabilir. Böylece diş köklerinin orta üçlüsü hakkında rehberimiz olur. Mukogingival birleşimin apikaline vida yerleştireceksek flep kaldırmak avantajlı olacaktır. Diş köklerinin kemikteki iz düşümleri gözlenerek sorunsuz bir uygulama yapılabilir. Böylelikle kemik yoğunluğu ve giriş yolu belirlenebilir.

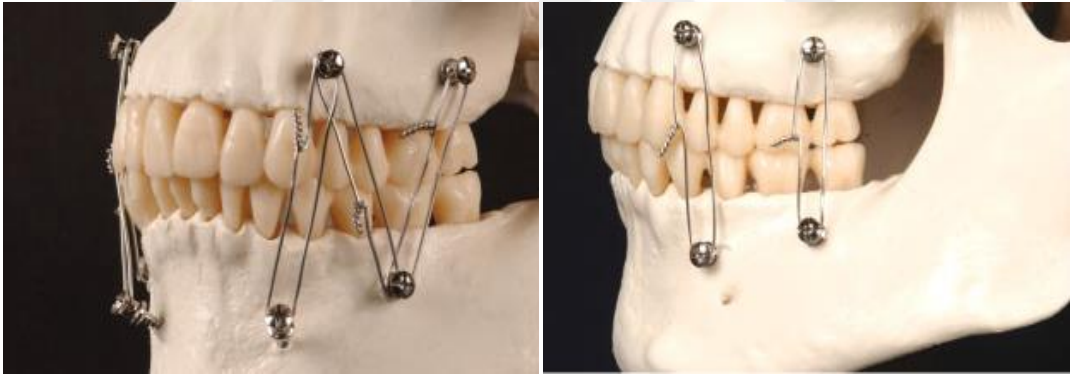
1.6.1.2.3. IMFV'nin Ligatürlenmesi

Maksilla ve mandibuladaki IMFV sayı ve lokalizasyonlarına göre birbirlerine değişik şekillerde bağlanabilir. IMF'da genellikle 24-26 gauge(0,4-0,5mm) teller kullanılır. Teller vida başının çevresinden dolanarak veya başın ortasındaki deliklerden geçirilerek bağlanır.

Esas olarak teller vertikal ve diagonal doğrultuda bağlanır. Birbirlerine paralel ve zikzak oluşturacak formda ligatürleme yapılır. Özellikle uzun süreli IMFV kullanıldığında; üst çenede keserlerin insizal ve molarların bukkal yüzeylerine telin temasından kaçınılmalıdır (Şekil 1.2). Bilateral düz ve buna ek olarak çapraz ligatürleme, anterior konumlu vidalarda kullanılabilir. Fakat bu ligatürleme sonucunda, özellikle anterior dişlere gelen kuvvetin yaratacağı ortodontik problemler oluşabilir. Ayrıca, anteriorda tellerin fazla sıkılmasından dolayı posterior openbite meydana gelebilir. Oluşabilecek bu problemleri önlemek için akrilik palatal splint hazırlanabilir. Plak hem dişlerin stabilitesini sağlarken hem de anterior dişlerin

insizal kenarında oluşacak hasarları önleyebilir. Fakat ölçü alımı ve laboratuvar işlemleri gerekmektedir.

Sınıf 1 ve sınıf 2 hastalarda, anterior konumlu vidalar üst kesici dişlere dayanır; sınıf 3 hastalarda da tam tersi alt kesici dişlere tellerin teması problem yaratabilir. Bundan dolayı IMFV çenelerin lateraline yerleştirilerek bu sorunun üstesinden gelinebilir. Ayrıca IMFV'nın posterioara yerleştirilmesi, posterior okluzyonun kontrolünü kolaylaştırır. IMFV çenelerin lateral yüzüne yerleştirilerek ligatürlendiğinde, mandibular fragmanda bukkolingual dönme gerçekleşebilir. Bunun sonucunda bukkal tüberküller oklüzyonda görülürken lingual tüberküllerde ayrılma gözden kaçabilir. Fiksasyon noktaları arasındaki mesafenin artması telleri sıkarken uygulanacak momentin artmasına neden olacaktır. Karşılıklı vidalar arasındaki mesafenin azalması gerilimi azaltarak mandibular segmentlerin bukkolingual rotasyonlarını ve maloklüzyon riskini de azaltacaktır.



Şekil 1.2. Paslanmaz çelik tel ile intermaksiller fiksasyon vidalarının çapraz ve düz ligatürlenmesi ile inermaksiller fiksasyonun sağlanması

1.6.1.2.4. IMFV'nın Kullanımında Cerrahi Teknik

IMFV lokal veya genel anestezi altında uygulanabilir. Aslında topikal anestezi de yeterli olmaktadır çünkü sadece gingiva ve periost ağrı iletiminde etkilidir. Ayrıca periodontal ligamentlerin ve derin intraosseöz dokuların hassasiyeti, kontrollü bir uygulamaya yardımcı olmaktadır.

IMFV değişik tekniklerle uygulanabilir;

- Direk mukoza üzerinden veya insizyon yapılmasıyla uygulanabilir.
- Self-tapping vidalar, drill ile kortikal kemik delindikten sonra; self-drilling vidalar direk yerleştirilebilir.

Self-tapping vidalar için hazırlanacak yuvalara en uygun alan mukogingival birleşimdir. Kalın ve hareketli mukozanın bulunduğu alanda drillerin yuvası mukoza kalınlığından dolayı kaybedilebilir. Self-drilling vidalarsa drilleme yapılmadan direk el ile yerleştirilir. Kortikal kemik yoğunluğu yerleştirmedeki kuvveti belirler. Kortikal kemik aşıldığında direnç dūřer. Eęer dirençte değişiklik yoksa vidanın diř kökünde olduğu düşünülebilir. Vidanın pozisyonu değiştirilir (Gibbons ve ark., 2003).

Bikortikal vidalarda palatinal ve lingualden perforasyon olup olmadığı parmak ile takip edilir. Yumuşak doku nekrozu oluşmaması için vidanın omuz kısmı mukozanın hafif üzerinde bırakılır. Yeterli sayıda vida yerleştirildikten sonra okluzyon ayarlanır ve kırık fragmanların redüksiyonu yapılır. Teller vidaların başındaki deliklerden geçirilerek veya baş kısmındaki oluğa oturtularak ligatürlenir. Fakat vida açılı yerleştirildiyse tel oluktan kayabilir ve baş kısmındaki kanalların kullanımını zorunlu olabilir.

Tedavi bittikten sonra IMFV, anesteziye gerek olmadan tornavida ile çıkartılır.

1.6.1.2.5. Endikasyon ve Konterendikasyonlar

IMFV temel olarak;

- A) ORIF'da geçici olarak IMF sağlamak amaçlı
- B) ORIF sonrası elastik traksiyona devam etmek amacıyla

C) Kapalı redüksiyon ve uzun süreli IMF sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (Bins ve ark., 2015).

Erişkinlerde maksila ve mandibula kırıklarında oklüzyonun kurulması ve idamesi için IMFV kullanılabilir. IMFV'nın en uygun kullanım alanı, kolay ve stabil bir fiksasyon sağlanabildiği için maksilla ve mandibulanın basit kırıklarıdır. Alveol kırıkları kemik kontakları sayesinde kolay düzeltilebilir ve korunabilir. Fakat, kırık segmentin serbestçe hareket ettiği durumlarda; alveol kırıkları, dental splint, mini plak osteosentezi veya her ikisi yardımıyla stabilize edilebilmelidir. Eğer uzun süreli IMF yapılacaksa, baş kısmı uzun olan vidalar, mukoza ve dişlere zarar verilmemesi açısından tercih edilmelidir.

Multipl kırık hattı bulunan vakalarda eğer karşıt diş yoksa, kırık hattının redüksiyonu zorlaşmaktadır. Böyle bir durumda açık redüksiyon yapılmalıdır. Eğer plak ve protezler hazırlanarak kemik doğru anatomik pozisyona getirilebiliyorsa IMFV segmentleri orjinal anatomik pozisyonunda tutması için kullanılabilir.

Aşırı rezorbe mandibula, aşırı pnömatize maksiller sinüs ve osteopenik maksillada IMFV kullanımı önerilmez. Vidaları tutacak kemik az ve kalitesiz olduğu durumlarda vida kayıpları yaşanabilir.

Bazı panfasiyal fraktür senaryolarında (Le Fort II ve III; panfasiyal kırıklar; multifragmanlı, kondil kırığıyla beraber görülen mandibula kırıkları) maksillo-mandibular bölge birbirine bağlanarak bütünlük oluşturulabilir. Ramus ve kondil stabilize edildiğinde bu bütünlük manüplasyona imkan vererek internal fiksasyonun yapılabilmesini sağlar.

Kommünike ve defektli kırıklarda öncelik mevcut kemiğin açık redüksiyonu ve internal fiksasyon ile tedavisidir. Bu vakalarda IMFV oklüzyon kontrolü için kullanılabilir. Büyük, devamlılığı bozulmamış kırık segmentleri sadece IMFV ile tedaviye uygundur.

Dentofasiyal deformite veya travma öncesi malpoze dişlerin bulunduğu iskeletsel bozuklukları olan hastalarda IMFV kullanımı kişiye bağlı değerlendirilir. Genel olarak sagittal düzensizliklere bağlı oluşan iskeletsel maloklüzyonlarda (Angel sınıf 2 posterior overjetli, negatif overjetli sınıf 3) kullanımı uygunken, openbite olan vertikal anomali olan hastalarda uygun değildir.

Patolojik kemik varlığı IMFV'nin kullanımı için kontrendikedir. İnce kortikal kemik, kemik densitesinin azaldığı durumlar, osteoporoz nedeniyle fragil kemik ve osteopati varlığında kullanılmamalıdır.

Gömülü diş ve dental folikül hasarından kaçınılmalıdır. IMFV'nin bu yapılara denk gelmesi enfeksiyona, dişte perforasyona ve buna bağlı olarak inflamatuvar rezorbsiyona, osteomyelite, büyüme durması ve gecikmesi ve anormal kök formuna sebep olabilir. Bundan dolayı IMFV'nin kullanımı karışık dişlenme döneminde kontrendikedir.

Konjenital veya kazanılmış kanama bozuklukları olan hastalarda IMFV'nin kullanımına; tromboembolik komplikasyonlar, uzun süreli kanama riskleri dikkate alınarak ve ilaçların düzenlenmesini takiben karar verilmelidir.

IMF; epilepsi hastaları, alkol ve madde bağımlılığı olanlarda, obstrüktif hava yolu hastalıkları, psikolojik bozukluklar, gastrik reflü ve anoreksia/blumia hastalarında kontrendikedir.

1.6.1.2.6. IMFV'nin Kullanımında Karşılaşılan Problemler

IMFV'nin kullanımına bağlı olarak en sık görülen komplikasyonlar;

1. Diş köklerine zarar verilmesi
2. Maksiller sinüse girilmesi, insiziv kanal ve mandibular kanala girilmesi
3. Vidanın gevşemesi veya düşmesi

4. Vidanın kırılması
5. Drilin kemik içinde kırılması (A. T. Smith, 1993)
6. Drilleme sırasında kemik ve yumuşak dokuda termal nekroz oluşması
7. Anterior alanda kesici dişlerin ve kanin dişlerin teller ile ilişkisi sonucu zedelenmesi (Cornelius ve Ehrenfeld, 2010)
8. Vidaların yumuşak dokuya gömülmesi gibi durumlardır (Hashemi ve parhiz, 2011)

1.6.2. Açık Redüksiyon ve İnternal Fiksasyon (Open reduction and internal fixation-ORIF)

Çene kırıklarının diğer tedavi seçeneği ise açık redüksiyon ve internal fiksasyondur (ORIF-Open reduction and Internal Fixation).

1994'te İsviçre İnternalfiksasyon Derneği (AO/ASIF), kırık tedavisinde önemli dört adet biyomekanik prensip tanımlamıştır.

- 1) Doğru anatomik redüksiyon yapmak
- 2) Kemiğin ve yumuşak dokuların canlılığının korunması için atravmatik cerrahi teknik uygulamak
- 3) Fonksiyonel olarak stabil fiksasyon sağlamak
- 4) Yumuşak doku hasarı ve fraktür morbiditesini önlemek için iskeletsel ünitenin erken, aktif ve ağrısız mobilizasyonunu sağlamak.

Gelişen teknolojik değişiklikler sonucunda özellikle titanyum gibi doku uyumlu metallere yapılan plak ve vidalar ile açık redüksiyon tekniklerinde büyük ilerlemeler olmuştur. Simfiz ve parasimfiz kırıklarının büyük bir bölümünde, disloke ramus, angulus ve condil kırıklarında ORIF'la tedavi endikedir. ORIF'da kilit nokta flebin yeterli ölçüde kaldırılmasıdır. Parasimfiz ve corpus kırıklarında intraoral

yaklaşım ile mental sinir ve dalları korunarak, bukkal sulcundan insizyon yapılarak flep kaldırılır. Angulus ve ramus kırıklarında ise hem intraoral hem ekstraoral flep kaldırılabilir. Ekstraoral yaklaşım hem görüş alanını rahatlatır hem de mandibulanın inferior sınırında manüplasyonu kolaylaştırır. Flep açıldıktan sonra kırık hattındaki fibrin ve hematoma dokuları temizlenmelidir. Redüksiyon çoğunlukla IMF yöntemleri ile sağlanır. Tam bir redüksiyon için ise inferior marjinden telleme yöntemleri ve kemik pensleri kullanılabilir (Smith ve ark., 1985; Booth, 1981). Düzgün bir oklüzyon sağlandıktan sonra, kırık bölgesi plak ve vidalar ile fiksasyon edilir. Tek plak ile fiksasyon edilmiş subkondiler kırıklar ve internal fiksasyonun güvenilirliği şüpheli ise ORIF’u takiben IMF’un devamı endikedir (Lazow, 1996). Kırık tedavisinde ORIF’u takiben 2-3 hafta devam edilen IMF, komplikasyon risklerini azaltmaktadır. İnternal fiksasyon için kullanılan vida ve plak sistemleri şöyledir;

Kompresyon plakları: Kompresyon plakları kırık hattında meydana getirdiği yaklaşma etkisi ile kemik iyileşmesine pozitif katkı sağlamaktadır. Dizaynları sonucunda sadece iki yönde bükülme yapılabilir. Eğer plağa doğru bir şekilde eğim verilmezse kırık hattında gerekli basıncı oluşturamazlar. Ayrıca kırık hattı boyunca düzgün bir kompresyon yaratabilmesi için bikortikal vidaların kullanılması dişlere ve nörovasküler dokulara zarar verme riskini artırır. Bundan dolayı mandibulanın inferior marjinine yakın yerleştirilirler. Çalışmalar kompresyon plağında yüksek komplikasyon riski olduğunu göstermektedir (Thapliyal ve ark., 2008; Iizuka ve Lindqvist, 1993).

Rekonstrüksiyon plakları: Komünike ve kemik fragmanları arasında doku boşluğunun bulunduğu durumlarda kullanılan bu plaklar yük taşıyan sistemlerdir. Bu plaklar oldukça serttir ve vidaları da 2,3 ; 3,0 mm çapındadır. Rekonstrüksiyon plağı fiksasyon edileceği kemiğin konturuna uygun şekillendirilir ve fiksasyon edilir.

1987 yılında Raveh, Titanium Hollow-screw Osteointegrated Reconstruction plate (THOPR) tanıtmıştır (Raveh ve ark., 1987). Herford ve Ellis ise mandibula kırıklarında kilitli vida sisteminin mandibula cerrahisinde kullanımını açıklamıştır (Herford ve Ellis, 1998). Sistem vidaların plakta bulunan yivlere kitlenerek bütünlük

alması ilkesine dayanır. Bu şekilde plak kemiğin konturuna tam uymasa bile vida ve plağın bir bütün halinde kemiğe adapte olmasını sağlamaktadır. Kilitli vida sistemleri sayesinde daha az vida ile stabilitenin sürdürülebilmesi sağlanır.

Lag vida fiksasyonu: Özellikle oblik kırıklarda etkili olan lag vidaları ile mandibular fraktürlerin osteosentezi sağlanabilir. En az 2 vida kullanılır. Vidalar birbirine ters yönde yerleştirilirler. Simfiz ve oblik ramus kırıklarında kullanılabilirler. Kommünike ve segment kaybı olan kırıklarda kullanılamaz. Vidalar fraktür hattına dik olacak şekilde yerleştirilir. Yük paylaşan sistemlerden olduklarından, uygulandıkları iki bölümde de güçlü kortikal kemik yapısı olmalıdır. Simfiz bölgesinde diş köklerini korumak için, süperiora konumlu vida bukkal kortekse yakın yerleştirilir. Rijit fiksasyon teknikleri arasında en stabil olan yöntemdir (Stacey ve ark., 2006).

Mini plaklar: Mini plaklar diğerlerine göre daha küçüktürler, vida çapları ise en fazla 2,0 mm'dir. Genel olarak uygun bir fiksasyon için süperior ve inferior konumlu 2 adet plak kullanılır. Mandibular angulus bölgesinde maksimum basınç alanına konulacak bir plak yeterlidir. İnce plaklar olduklarından dolayı palpasyonda oldukça az hissedilirler. İkinci bir cerrahi ile çıkarılmalarına gerek kalmaz. Genellikle vidalar monokortikal olarak yerleştirilir. Fakat vidalar mandibulanın inferior sınırında bikortikal de yerleştirilebilir. Kırık hattının her iki tarafında da en az iki adet vida konulması gerekmektedir. Rekonstrüksiyon plaklarına göre daha küçük ebatlarda olduklarından dolayı intraoral olarak yerleştirilebilirler, insizyon boyutu kısadır ve yumuşak dokuda daha az gerilime sebep olurlar.

Rezorbe olabilen plaklar: Polydioxanone(PDS), polyglycolic acid ve polylactic acid gibi materyallerden üretilen zamanla rezorbe olan plaklardır. İkinci cerrahiye gerek kalmadan vücut tarafından ortadan kaldırılmaları en büyük avantajlarıdır. En sık görülen komplikasyon vidaların sıkılması sırasında vida başında oluşan kırılmalardır. Bir diğer komplikasyonu ise materyale karşı gelişen inflamasyondur. Yapılan çalışmalar, rezorbe olabilen plakların kırık tedavisinde, 2,0

mm titanium plaklar kadar başarılı sonuçlar verdiğini gösterilmiştir (Laughlin ve ark. 2007).

Üç boyutlu plaklar: Dört köşeli kapalı geometrisi olan olan yine vidalar ile fikse plaklardır. Klinik sonuçları ve biyomekanik dayanıklılığı açısından mandibular fraktürlerin osteosentezi için başarılı bir seçenektir. Köşeleri bağlayan kollar ince olduğundan kolay manüple edilebilirler ve ortası boş olduğu için kemiğin beslenmesine olanak verirler. 3 boyutlu plaklar iyi bir stabilite sağlamakla beraber tek plak kullanımı olduğundan dolayı operasyon süresini de kısaltmaktadır. 3 boyutlu plakların tedavi başarısı konvensiyonel plaklar kadar iyidir (Singh ve ark. 2012).

1.7. Mandibula Kırıklarında Komplikasyonlar

Mandibula kırıklarının tedavisinde en sık karşılaşılan komplikasyonlar enfeksiyon ve malunion/nonunion'dur. Diğer komplikasyonlar ise maloklüzyon, dişlerin kaybı, trismus, ankiloz, deviasyon ve parestezidir (Serena-Gomez ve Passeri, 2008; Passeri ve ark., 1993).

Kırık hattında meydana gelen aşırı hareket nonunion, fibröz iyileşme veya enfeksiyona sebep olmaktadır. Kırık hattına gelen kuvvet çok az olduğunda ise kemik atrofisi veya yetersiz ossifikasyona neden olmaktadır. Ayrıca travma veya sistemik hastalığa bağlı bozulmuş doku kanlanması da doku nekrozuna ve iyileşmenin olmamasına neden olur.

Literatürde mandibula kırıklarında gelişen komplikasyon oranları değişiklik göstermektedir (%7-29) (Passeri ve ark., 1993). Hastanın yaşı, cinsiyeti, kırık bölgesi, kırık etyolojisi, tedavinin zamanı, hastane yatış süresinin komplikasyonlar ile alakası olmadığını göstermektedir (Koshy ve ark., 2010). Fakat ORIF ile tedavi edilen hastalarda sigara ve alkol kullanımı komplikasyon riskini arttırmaktadır (Furr ve ark., 2006; Serena-Gomez ve Passeri, 2008). En sık görülen komplikasyon yumuşak dokuda meydana gelen enfeksiyonlardır. Mandibular kırıkların tedavisinde

komplasyonların %60-72'si enfeksiyondur (Serena-Gomez ve Passeri, 2008). 2 hafta içinde gelişen enfeksiyonda (erken dönem enfeksiyon) yumuşak doku enfeksiyonu düşünülebilir, plak ve vidalar stabil durumda ise drenaj ile tedavi edilebilir. Ancak enfeksiyon sebebi fiksasyonun düzgün olmayışı ile alakalıysa veya fiksasyonla ilgili şüpheler mevcutsa hasta tekrar opere edilmelidir ve fiksasyon düzeltilmelidir. 2. haftadan sonra gelişen geç dönem enfeksiyonlar yetersiz fiksasyon ve dental patolojilerle alakalıdır. Eğer fiksasyonu sağlayan materyallerde gevşeme söz konusu ise rijit bir fiksasyon sağlayacak şekilde yenilenmelidir.

Bir diğer sık karşılaşılan komplasyon ise malunion veya nonuniondur. Kompleks kırıklarda nonunion meydana gelme riski 2 kat artmaktadır (Mathog ve ark., 2000). Nonunionun diğer sebepleri ise zayıf fiksasyon, osteomyelit ve hastaya bağlı sebeplerdir. Malunion ise tespit edilip düzeltilmesi gereken en önemli komplasyondur. Doğru bir IMF ve panoramik film veya CBCT ile oklüzyon kontrol edilmeli ve düzeltilmelidir.

Lois ve ark. kapalı redüksiyon ve IMF ile yapılan tedavi ile ORIF ile tedavi edilen mandibular kırıklarda komplasyon oranları arasında bir fark olmadığını ortaya koymuştur(sırasıyla 4,3% ; 5,45%). Deplasman miktarı 4 mm'ye kadar olan kırıklarda IMF ve ORIF arasında tedavi başarısı açısından bir fark olmadığı sonucuna varmışlardır (Aizenbud ve ark., 2009). Mandibula kırıkları retrospektif olarak incelendiğinde angulus kırıklarında 9,4%, korpus kırıklarında 8% parasimfiz kırıklarında ise 3,3% komplasyon oranı ortaya çıkmıştır (Stacey ve ark., 2006).

1.8. Mandibulanın Biyomekaniği

Mandibulanın hareketlerinin modellenmesi ve değerlendirilmesi; etkisi altında kaldığı kuvvetlerin çokluğu ve limitlerinin tam olarak kurulum zorluğundan dolayı oldukça komplekstir. Biyomekaniğin çözümlenmesi güncel tedavi seçeneklerini optimize etmek ve tedavi sonuçlarını geliştirmek için önemlidir.

Mandibulanın biyomekanik özelliği genel olarak okluzal kısım “tension(gerilme) zone”, basis “kompression(baskı) zone” olarak kabul görmektedir. Daha detaylı bakıldığında simfiz bölgesine doğru depresör kasların ve okluzal kuvvetlerin etkisi artarken, angulusa doğru elevatör kasların etkisi arttığı görülmekte ve bu biyomekanik etmenler fragmanların birbirinden ayrılma ve birleşme eğilimini açıklamada yol gösterici olabilmektedir.

İyileşme sırasında meydana gelen kallus veya uygulanan fiksasyon teknikleri kırık hattının hareketini engelleyerek iyileşmeyi sağlamaktadır. Fiksasyon için kullanılan materyaller gelen kuvvetlerin kırık hattından transferini sağlamaktadır. Kullanılan materyale göre kırık hattında oluşan tension ve compression stresler değişiklikler göstermektedir.

Ark barlar kuvveti fonksiyon sırasında barın üzerinden bir segmentten diğerine iletmektedir. Eğer segmentler birbirinden uzaklaşacak şekilde hareket ederse barın üzerinde gerilim stresi oluşacaktır. İnce metalden üretilmiş materyaller gerilim kuvvetlerinde esneme, kompresyon kuvvetlerinde eğilme yaparlar. Ark barlar yapısından ve materyal özelliklerinden dolayı gerilim kuvvetlerine karşı kompression kuvvetlerine kıyasla daha dayanıklıdır. Ancak barlar ile IMF yapıldığında kısıtlanmış hareketten dolayı mandibulanın biyomekanik hareketleri de elimine edilmiş olur.

Plak ve vidalar ise çiğneme sırasında oluşan stresi modifiye ederler. Plak ve kemik yüzeyi arasındaki sürtünme direncini aşan bir kuvvet gelmediğinde sistemde herhangi bir hareket oluşmayacaktır. Kullanılan vida sayısı artırıldığında sürtünme direnci de artacaktır ve sistemin yapısını bozacak kuvvetin büyümesine sebep olacaktır. Sürtünme direncinin aşıldığı durumlarda plak stresi vidalara doğru iletecektir. Internal fiksasyonda kemik-plak-vida sisteminin stabilizasyonu vida kemik bağlantısına bağlıdır. Vida-kemik bağlantısındaki bir gevşeme sistemin kaybına sebep olur.

Klinik kanıtlar kemik maturasyonu için kırık hattında stres olması gerektiğini öne sürmektedir. Kullanılan materyal doğal kemikten daha sert olduğunda stresi kırık

hattından alacaktır. Eğer kemik maturasyonu için kırık hattında kuvvet gerekli ise řu şartlardan biri iyileşme döneminde meydana gelmelidir.

1. Yaralanmayı ve plak uygulamasını takiben var olan eksternal dinamik kuvvetler başlangıçta oldukça azalırken kemik iyileşmesiyle beraber artmaktadır. Bu da kemik iyileşmesine katkıda bulunmaktadır.
2. Zamanla vida kemik bağlantısı zayıflamalı ve stres akışı plak yerine kırık hattı boyunca iletilmelidir. Bu noktada anlatılmak istenen vidanın kaybı değil vidanın mikro hareketleridir.

Biyomekanik teorisinin tam geliştirilmiş olmaması ve tekniklere ait farklı sonuçların elde edilmiş olması tam bir fikir birliği oluşmasını engellemektedir. Temel biyomekanik prensiplerin tam anlaşılmamış olmasından ötürü halde bazı eksiklikler mevcuttur. Tamiri takiben doğal fonksiyon durumunda sistemin stabilitesi ile fiksasyon materyallerine ihtiyaç gereksinimi arasındaki ilişki konusunda araştırmacılar ikileme düşmektedir. Mandibula biyomekaniğinin bütünüyle ve doğru olarak tanımlanması, aynı kırıklarda kapalı ve açık tedavi tekniklerinin benzer klinik sonuçlar vermesini açıklığa kavuşturacaktır.

1.9. Sonlu Elemanlar Analizi (SEA)

Son yıllarda dental biyomekanik çalışmalarda kullanılan 3 boyutlu sonlu elemanlar analiz yöntemi, detaylı mekanik ölçümleri kolaylaştırması ve parametrelerin daha kontrollü değiştirilmesine izin verdiği için oldukça popüler olmuştur. Sonlu elemanlar analizinde, analiz edilecek canlı ya da cansız yapıların gerçeğe en yakın şekilde modellenmesi yapılır. Tüm model, matematiksel olarak anlamlı parçalara (elemanlara) bölünür. Elemanlar değişik geometrik şekillerde olabilir ve birbirlerine “düğümlerle” bağlıdır. Dğmler aracılığıyla bir elemandaki fiziksel değişiklik diğer elemanlara aktarılır. Böylece boyutları belirlenmiş bir modelde, bilgisayar programı yardımıyla belirlenmiş şiddet, yn ve alandaki kuvvet

uygulanmasına bağlı olarak ortaya çıkan gerilimler(stres), zorlanmalar (strain) ve yer değiştirmeler (deplasman) llr.

Gerilme değerleri ölçülürken Von-misses gerilmesi dikkate alınır. Von-misses stresinin ölçümü ile doku ve materyallere uygulanan kuvvete karşı direnç değerlendirilir. Von-misses gerilmesi tüm yönlerde oluşan normal ve kayma gerilmesinin bileşkesidir. Bu gerilme kemik, diş ve kullanılan biyomateryalde meydana gelebilecek hasarı incelemek açısından önemlidir.

Sonlu eleman stres analizinin avantajları;

- 1) Karmaşık yapıya sahip katılar modellenebilir.
- 2) Stres dağılımları ayrıntılı bir şekilde değerlendirilebilir.
- 3) Farklı malzemelerden oluşan yapıların analizine imkan verir.
- 4) Materyallerin fiziksel tanımlamaları yapılarak gerçeğe yakın değerler elde edilebilir.
- 5) Kraniofasiyal ve dental yapılar simüle edilebilir.

Sonlu elemanlar stres analizinin dezavantajları;

- 1) Analizin yapılacağı donanıma sahip bilgisayarların ve yazılımların maliyetinin yüksek oluşu
- 2) Analizin yapılacağı yazılımı kullanabilen donanımlı personel gerekliliği
- 3) Kullanılan yazılım programlarının gelişen teknoloji ile güncellenmesi zorunluluğu
- 4) Yapılan araştırmanın doğruluğu için canlı sistemin sanal ortama tüm ayrıntılarıyla aktarılması gereksinimi

1.9.1. Mekanik Terimler

Kuvvet: Dış kuvvet incelenen cisme, diğer cisimlerin yaptığı etki olarak tanımlanabilir. İç kuvvet ise cismin çeşitli parçaları arasındaki etki ve tepki kuvvetleridir. Mekanik bir cismin tümü üzerine etki eden kuvvetler incelenirken cisim parçalara ayrılır ve her parça sanki diğerinden bağımsızmış gibi ayrı bir cisim gibi düşünülür.

Gerilim (*stress*): Bir cisme dışarıdan uygulanan kuvvetlere karşı o cismin içinde oluşan intermoleküler ya da interatomik dirençtir. Birimi kg/cm^2 dir. Uygulanan kuvvete göre 3 çeşit gerilim tipi vardır:

Çekme gerilimi: Çekme gerilimi (*tensile stress*), malzemeyi kuvvet yönünde uzatacak şekilde, yüzey alanına dik yönde kuvvet uygulanmasıyla ortaya çıkar. Uygulanan kuvvet miktarı sabit kalsa da, kuvvetin uygulandığı alanın büyüklüğüne bağlı olarak gerilim değeri değişim gösterebilir. Dolayısıyla, malzemenin kesit alanındaki çok ufak değişimler bile malzeme boyunca gerilimin farklılık göstermesine yol açabilir.

Baskı gerilimi: Baskı gerilimi (*compressive stress*) yaratmak için yine yüzey alanına dik yönde, fakat malzemeyi sıkıştırarak şekilde kuvvet uygulanması gerekir. Çekme ve baskı gerilimleri uygulandıkları yüzeylere dik etki ettikleri için, bu iki gerilim türünü *normal gerilimler* olarak adlandırılır.

Kesme gerilimi: Kesme gerilimi ise (*shear stress*), malzemenin iki zıt yüzeyinin birbirine paralel ve ters yönde kaymalarını sağlayacak şekilde kuvvet uygulanmasıyla ortaya çıkar.

Gerinim(*strain*): yük altındaki bir malzemenin, yük uygulanmadan önceki duruma kıyasla şeklini ne oranda değiştirdiğini ifade eder. Burada kullanılan anlamıyla şekil değişimi biçimsel bir değişimi değil, daha ziyade şekildeki niceliksel

bir değişimi ifade eder. Dolayısıyla gerinim, bir malzemedeki Şekil değişimini oransal olarak ifade eder.

Elastik ve plastik Şekil değişikliği: Malzemelerin yük altındaki Şekil değişimlerini, elastik ve plastik Şekil değişikliği olarak ele alınır. Elastik Şekil değişimi, yük kaldırıldığında malzemenin eski Őekline geri döndüğünü, plastik Şekil değişimi ise değişimin kalıcı olduğunu ifade eder.

Hooke kanunu ve young modülü (Elastik limit);

Elastik malzemelerde, gerilim ve gerinim arasındaki ilişkinin doğrusallığını gösteren eşitliktir. $\sigma(\text{gerilim})=E.\epsilon(\text{gerinim})$ Şeklinde förmüle edilir. Bu denklemde gerilimin gerinime oranı ise bize Young modülünü (E) vermektedir. Young modülü, bir miktar elastik gerinim yaratabilmek için malzemeye uygulanması gereken gerilim miktarını ifade eder. Dolayısıyla, bu sabit malzemenin elastik esnemeye karşı gösterdiği direncin bir ölçüsü olarak da değerlendirilebilir. Bir malzemenin yüksek bir Young modülüne sahip olması, o kadar rijit olduğunu, elastik olarak esnemesinin zor olduğunu; düşük bir değere sahip olması da nispeten kolayca, elastik biçimde esneyebileceğini gösterir.

Poisson oranı: Çekme veya basmada aksiyel yükleme esnasında aynı zamanlı aksiyel ve lateral gerinim mevcuttur. 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 olan oranı Poisson oranı olarak tanımlanır. Çapraz kesitte azalma materyal kırılıncaya kadar devam eder. Daha yumuşak olan materyaller çekme esnasında çapraz kesitte daha fazla azalma gösterirler ve poisson oranı daha yüksek olur.

İzotropik materyal: Bu maddelere farklı yönlerden kuvvet uygulandığında aynı mekanik özellik gösterirler. Tüm yönlerdeki elastik özellikleri aynıdır (örneğin, kağıt). Buldukları koordinat sisteminden bağımsızdırlar.

Ortotrofik materyal: Farklı yönlerden kuvvet uygulandığında farklı mekanik özellikler gösterirler. Bu cisimlerin elastik modülü, kuvvetin uygulandığı yöne göre değişiklik gösterir (örneğin kemik ya da tendon).



1.9.2 Sonlu Eleman Analizi Tekniği

Hazırlık aşaması:

Katı modeli oluşturulacak dokunun tomografi veya MR görüntüleri CAD programına aktarılır ve kesitler birleştirilerek 3 boyutlu model elde edilir. Bu 3 boyutlu model çeşitli geometrideki elemanlara bölünür. Böylece ağısı model “mesh model” elde edilmiş olunur. Bu ağısı model sonlu eleman analizinin bel kemiğini oluşturmaktadır. Oluşturulan sanal stresler bu elemanlarda gerilme ve şekil değişiklerine sebep olur. Oluşan bu değişimler komşu elemanlara aktarılır. Düğüm noktaları ile sınır koşulları (boundary conditions) oluşturulur. Sınır koşulları, streslerin ve deplasman hareketlerinin sınırlarıdır. Cismin nereden sabitlendiğini ve kuvvetlerin nereden uygulandığını gösterir. Düğüm sayılarının artması sonucun gerçeğe yakın olmasına olanak sağlar.

Materyal özelliklerinin tanımlanması:

Oluşturulan katı modeldeki farklı elemanların materyal özellikleri ve yükleme koşulları tanımlanır. Malzemelerin mekanik özellikleri olan elastisite modülü (Young’s modulus) ve poisson oranları programda tanımlanır. Yükleme koşullarının belirlenmesi ile birlikte uygulanması düşünölen kuvvetin şiddeti, yönü ve açısı belirlenerek analiz yapılır.

Çözümleme ve değerlendirme:

Sonlu eleman analiz yönteminde, her bir alt yapının çözümlenmesi ile tüme varım şeklinde modelin tamamının çözümlenmesine ulaşılır. Farklı yükleme ve senaryolar analiz edilerek veriler elde edilir. Bu veriler asal gerilimler (principal stresses), eksensel gerilimler (axial stresses), deplasman değerleri, deformasyon değerleri ve eşdeğer gerilimler (equivalent stresses)dir. Asal gerilim değerleri için elde edilecek en yüksek değer (maximum principal stress) modelde oluşan (çekme) tip

gerilimi; en düşük asal gerilim değeri (minimum principal stress) ise sıkışma tip gerilimi ifade eder. Von-misses değerleri ile tüm yapıda oluşan stres değerleri hakkında bilgi edinilmiş olur.

Sonuçların değerlendirilmesi:

Sonlu elemanlar stres analizi metodundaki en önemli nokta ağısı modelin bir bütünü oluşturması ve döğümler aracılığıyla stress miktarının tam ve doğru bir biçimde değerlendirilmesi, ayrıca diğer senaryolar ile kıyaslama yaparak anlamlı sonuçlara ulaşmaktır. Asal gerilim değerleri kırılğan materyaller hakkında bilgi verirken, Von-Misses değerleri ile tüm yapıda meydana gelen kuvvetlerin bileşke değerleri hakkında fikir sahibi olunabilir. Ayrıca Von-Misses değerleri, Yield noktasına bağılı olarak analiz edilen materyalin elastik deformasyonu aşırp deforme olup olmayacağını göstermektedir.

Tek ve basit kırıklarda IMFV ile IMF tedavisi başarısı kanıtlanmış bir yöntemdir. Ancak kırık sayısı ve kırığın şiddeti arttıkça hem redüksiyonun doğruluğunu görebilmek hem de daha rijit bir fiksasyon sağlamak amacıyla açık redüksiyon ve internal fiksasyon yöntemine başvurulmaktadır. Fakat, çoklu kırıklı mandibulada IMFV'nın kullanımı tercih edileceğı durumlar için vidaların sayı ve lokasyonları standardize edilmemiştir. Klinik sonuçlara bakıldığında miniplak kullanımına kıyasla IMFV ile tedavi daha az komplikasyon ve doku hasarına neden olmaktadır. Fakat çoklu kırıklı mandibulada elde edilen fiksasyon miniplaklar kadar başarılı mıdır? Bu nedenle, çalışmamızda çoklu mandibula kırıklarında IMFV'nın lokasyonlarını, sayısını ayrıca farklı ligatürleme seçeneklerini, sonlu eleman analizi (Finite element analysis-SEA) ile kasların oluşturduğu kuvvet altında, kırık bölgesindeki deplasman, kemik, vida, tel, plaklarda oluşan stresler ölçülerek optimum redüksiyon ve fiksasyon için optimize etmek hedeflenmiştir. Ayrıca aynı senaryoda miniplaklar ile de fiksasyon yapılarak iki tedavi yöntemi arasında karşılaştırma yapılacaktır.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada, mandibula kırıklarında kullanılan IMFV'nin lokasyonları, sayısı ayrıca farklı ligatürleme seçenekleri ve de kasların oluşturduğu kuvvet sonucunda kırık bölgesinde meydana gelen deplasman miktarı, kemik, tel ve vidalarda oluşan stresler sonlu eleman analizi (Finite element analysis-SEA) ile değerlendirilecektir. Ayrıca aynı kırıklarda miniplaklar ile fiksasyon yapılarak açık ve kapalı tedavi seçenekleri karşılaştırılacaktır. Bu amaçla, sağ kanin bölgesinde parasimfiz ve sol premolar bölgesinde korpus kırığı bulunan "multiple" kırıklı bir mandibula modellendi. Değişik sayılarda ve lokasyonlarda yerleştirilmiş IMFV ve ligatürleme seçeneklerinin analiz edileceği 7 adet model hazırlandı. Kontrol grubu olarak da 2 modelde plak ile fiksasyon modellendi. Modelin birinde tek plak ile internal fiksasyon yapılırken, diğer modelde Champy tekniğine uygun şekilde her kırık hattına superior ve inferior konumlu 2 adet plak yerleştirildi.

Sonlu eleman analizi için 23 yaşında, sağlıklı, tam dentisyonlu ve Angle klas 1 okluzyonlu bayan bireyden teşhis nedeniyle alınmış dijital volumetrik bilgisayarlı tomografi (DVBT) verileri kullanıldı. DVBT'den elde edilen Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) verileri Materialise 3-matic (Materialise Medical Software, Leuven, Belçika) yazılımına aktararak iskeletsel 3 boyutlu modelleme yapıldı. Diş kontakları sağda ve solda 1. ve 2. Molar dişler arasında oluşturuldu. Molar dişlerin tüberkülleri düzleştirilerek okluzyon oluşturuldu. Bunun sebebi düzensiz bir anatomik yapıya sahip olan dişlerin oklüzal yüzeylerinden kaynaklanabilecek hata paylarını elimine etmektir. Diş kontakları ayrılmalı-sürtünmeli yüzey olarak tanımlandı. Temporal kemik ve kondil arasındaki disk anatomiye uygun olarak elle modellendi ve kondil ile temporal kemiğe fikse edildi. Ayrılmasız sürtünmeli yüzey olarak tanımlandı. Kırık hattı tam düzlemsel olarak değil, 0,1 mm girintili-çıkıntılı ve düzensiz bir boşluk olarak oluşturuldu. IMFV'nin baş kısmı 4 mm çapında 3 mm yüksekliğinde şaftı ise 2 mm çapında 11 mm uzunluğunda modellendi. IMFV'ları diş köklerine temas etmeyecek şekilde, kemiğe

dik bir pozisyonda, kırık hattına 12 mm uzaklıkta olarak yerleştirildi. IMF için 0,5 mm çapında ligatür telleri IMFV'nın baş kısmına fikse edildi. Bunu takiben de Materialise 3-matic ve ANSYS (ANSYS Inc. Southpointe, PA) yazılımları ile sonlu elemanlar oluşturularak ağsı yapı (mesh) tamamlandı.

2.1. Materyallerin Tanımlanması

Materialise 3-matic yazılımında materyal özellikleri tanımlanmıştır. Mandibula nonhomojen bir yapı olduğundan ve anizotropik özellikleri taşıdığı için kemiğin Youngs Modülü aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. Kişiye özel mekanik parametrelerin tanımlanabilmesi için DVBT'den elde edilen densite verileri olan Hounsfield Unit (HU) değerleri kullanılmıştır. Kurulan denklem sayesinde visco-elastik ve anizotropik özellikleri bulunan kemiğin bölgesel olarak değişiklik gösteren elastik değerleri gerçeğe en yakın şekilde hesaplanmıştır(Bujtr ve ark., 2010). 0,05 GPa altındaki değerler aşırı elastik özellik göstereceğinden kansellöz kemiğin alt limiti 0,05 GPa olarak alınmıştır(Bujtr ve ark., 2010).

$$\text{Density}_{(app)} = -200 + 1.2 \text{ HU} [\text{kg}/\text{m}^3]$$

$$E_{(Youngs \text{ modülü})} = 0.024 \times \text{Density}_{(app)}^{1.762} [\text{MPa}]$$

Modellemede 4 adet kontak yüzeyi bulunmaktadır. Bu yüzeyler sağ ve sol dişler arası ve iki kırık hattıdır. Dişler arasındaki sürtünme katsayısı 0,2, kırık hattındaki sürtünme katsayısı ise 0,61 olarak tanımlanmıştır (Zhang ve ark., 1999). tanımlanan materyallerin listesi Çizelge. 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Tanımlanan materyallerin elastik katsayıları ve poisson oranları

MATERYAL LİSTESİ		
MATERYALLER	ELASTİK KATSAYISI	POİSSON ORANI
Kansellöz Kemik	0.05 GPa	0.3
Kansellöz Kemik	0.05 GPa	0.3
Kansellöz Kemik	0.05 GPa	0.3
Kansellöz Kemik	0.05 GPa	0.3
Kortikal Kemik	0.56 GPa	0.3
Kortikal Kemik	1.02 GPa	0.3
Kortikal Kemik	1.58 GPa	0.3
Kortikal Kemik	2.26 GPa	0.3
Kortikal Kemik	3.03 GPa	0.3
Kortikal Kemik	3.90 GPa	0.3
Kortikal Kemik	4.88 GPa	0.3
Kortikal Kemik	5.93 GPa	0.3
Kortikal Kemik	7.08 GPa	0.3
Kortikal Kemik	8.31 GPa	0.3
Kortikal Kemik	9.63 GPa	0.3
Kortikal Kemik	11.02 GPa	0.3
Kortikal Kemik	12.51 GPa	0.3
Kortikal Kemik	14.07 GPa	0.3
Dişler (Kim Ve Ark., 2016)	150 GPa	0.3
TME Diski (Korioth Ve Ark., 1992)	6 GPa	0.47
Teller (Chang Ve Ark., 2012)	220 GPa	0.3
Titanyum Plak Ve Vidalar (Chang Ve Ark., 2012)	110 GPa	0.3

2.2. Sınır Koşullarının Tanımlanması

Analizin bu bölümünde, uygulanacak kuvvetlerin miktarı, yönü, uygulama zamanı ve tipi ile düğüm noktalarının serbestlik dereceleri belirlenmiştir. Çiğneme kaslarının lokalizasyonları ve vektörleri anatomiye uygun olarak kişiye ait modelde ayarlanmıştır. Kasların kuvvetleri Koriouth'un (Koriouth ve ark., 1992) çiğneme kasları için ölçümlendiği değerlerin %60'ı hesaplanarak tanımlanmıştır. Bunun sebebi kas kuvvetlerinde postoperatif birinci haftada %40 güç kaybı oluşmasıdır (Tate ve ark. 1994). (Çizelge 2.2.)

Çizelge 2.2. Çiğneme kaslarının kuvvet değerleri

KAS GRUBU	KAS GRUBU AĞIRLIKLARI (N)
M. Masseter Superficialis	82.3
M. Masseter Profunda	35.3
M. Pterygoideus Medialis	88.1
M. Temporalis Anterior	69.2
M. Temporalis Medius	37.9
M. Temporalis Posterior	26.8
M. Pterygoideus Lateralis Inferior	12

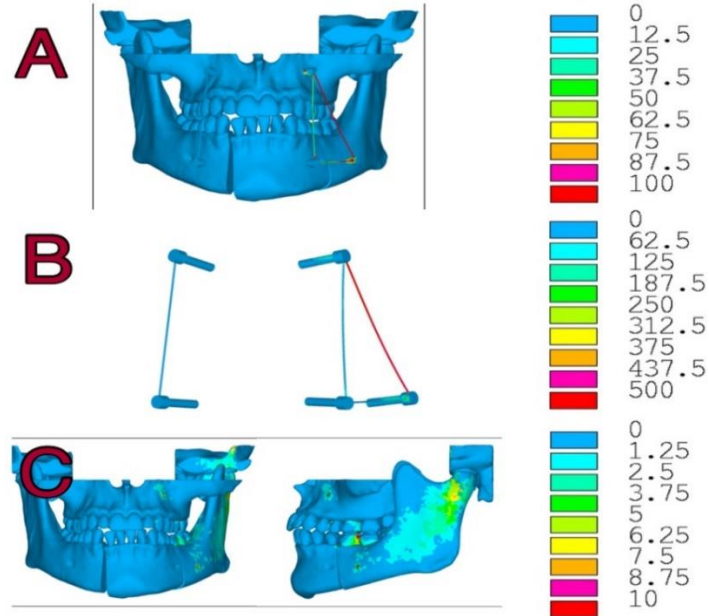


3. BULGULAR

Modellerde vidalarda, vidaların çevresindeki kortikal kemikte ve tellerde oluşan gerilimler von Misses stres analizi uygulanarak MPa (N/mm^2) cinsinden ölçülmüştür. Ayrıca kırık hattındaki deplasman miktarları da mm cinsinden hesaplanmıştır. (Çizelge 3.10.)

3.1. Model A

A modelinde parasimfiz kırığının yer aldığı mandibulanın sağ tarafında kırığın distalinde 1 adet IMFV, maksillanın sağ yarısında yine 1 adet IMFV, korpus kırığın yer aldığı sol tarafta ise 3 adet IMFV, 1 tanesi maksilla 2 tanesi mandibulada olmak üzere yerleştirilmiştir. Sağdaki ligatürleme düz, soldaki ise üçgen şeklinde uygulanmıştır (Şekil 3.1.) (Çizelge 3.1).



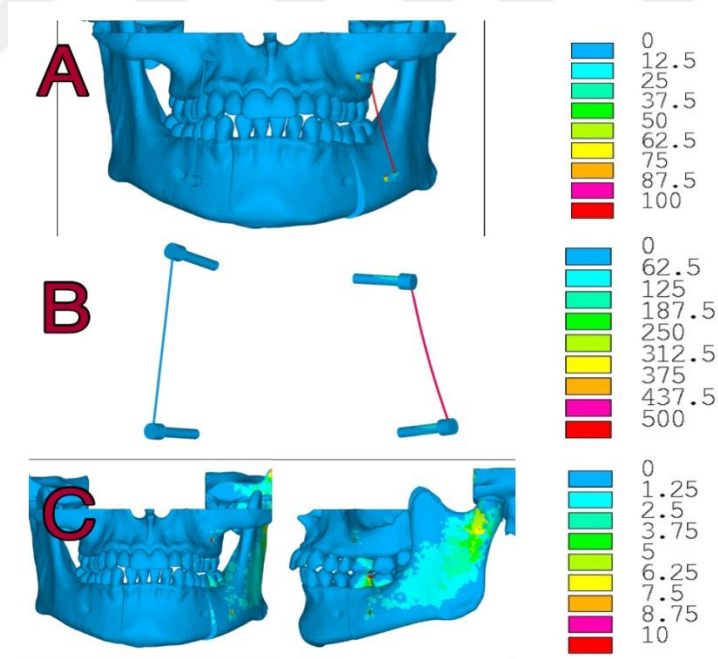
Şekil 3.1. A modeline ait görseller (A) kırık hatları IMFV ve ligatürlerinin maksilla ve mandibuladaki görünümü, yanında stres değerlerine ait skala (B) IMFV ve ligatür tellerinde oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (C) Kemik dokusunda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (Görseldeki deplasmanlar 30 kat büyütülmüştür)

Çizelge 3.1. A modeline ait analiz sonuçları

		SAĞ	SOL
Kırık hattındaki deplasman miktarı (mm)		0.155	0.025
IMFV'nın çevresindeki kortikal kemikte Oluşan stresler (Mpa)	maksilla	0.07	2.81
	mandibula	0.01	Anterior vida 0.17 Posterior vida 2.91
Tellerde oluşan stresler (Mpa)		3	Anterior ligatür 52
			Posterior ligatür 544
			Horizontal ligatür 79

3.2. Model B

B modelinde 4-nokta-fiksasyonu olarak tanımlanan klasik tedavi metodunun modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Her kadrana kırık hatlarının posteriorunda olacak şekilde 1 adet vida yerleştirilmiş ve düz ligatürleme yapılmıştır (Şekil 3.2)(Çizelge 3.2).



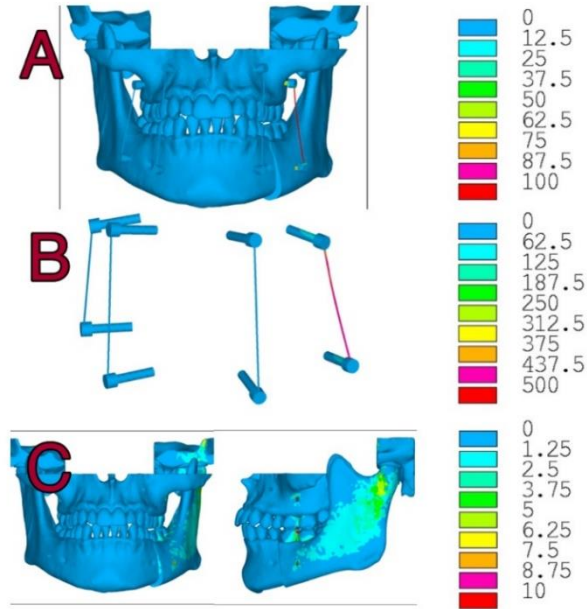
Şekil 3.2. B modeline ait görseller (A) kırık hatları IMFV ve ligatürlerinin maksilla ve mandibuladaki görünümü, yanında stres değerlerine ait skala (B) IMFV ve ligatür tellerinde oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (C) Kemik dokusunda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (Görseldeki deplasmanlar 30 kat büyütülmüştür)

Çizelge 3.2. B modeline ait analiz sonuçları

		SAĞ	SOL
Kırık hattında deplasman miktarı(mm)		0.003	0.068
IMFV'nın çevresindeki kortikal kemikte Oluşan stresler (MPa)	Maksilla	0.04	2.43
	Mandibula	0.05	2.58
Tellerde oluşan stresler (MPa)		2	511

3.3. Model C

C modelinde 8 adet IMFV'sı kullanılmıştır. Bu vidalara sağ ve sol olarak 4'er adet olacak şekilde yerleştirilmiş ve düz ligatürleme yapılmıştır. Parasimfiz kırığının yer aldığı sağ mandibulada vidalar kırık hattının posteriorunda konumlandırılmıştır. İki kırık hattının arasında kalan orta segmentte sadece bir vida bulunmaktadır. (Şekil 3.3.)(Çizelge 3.3.)



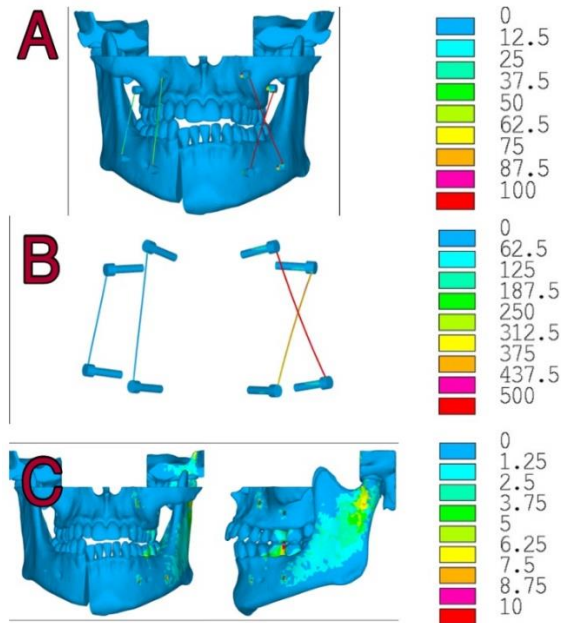
Şekil 3.3. C modeline ait görseller (A) kırık hatları IMFV ve ligatürlerinin maksilla ve mandibuladaki görünümü, yanında stres değerlerine ait skala (B) IMFV ve ligatür tellerinde oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (C) Kemik dokusunda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (görseldeki deplasmanlar 30 kat büyütülmüştür)

Çizelge 3.3. C modeline ait analiz değerleri

			SAĞ	SOL
Kırık hattında deplasman miktarı(mm)			0.0012	0.107
IMFV'nın çevresindeki kortikal kemikte Oluşan stresler (MPa)	Maksilla	anterior	0.26	0.14
		posterior	0.38	2.15
	Mandibula	anterior	0.04	0.03
		posterior	0.3	2.5
Tellerde oluşan stresler (MPa)		anterior	0.8	0.5
		posterior	7	502

3.4. Model D

D modelinde 8 adet IMFV'sı kullanılmıştır. C modeline benzer şekilde sağda 4 adet vida kullanılmış ve düz ligatürleme yapılmıştır. Sol tarafta ise yine 4 adet IMFV'sı kullanılmıştır fakat ligatürleme işlemi çapraz olacak şekilde yapılmıştır. Yine orta segmentte bir vida korpus kırığının 12 mm mezialine konulmuştur (Şekil 3.4)(Çizelge 3.4).



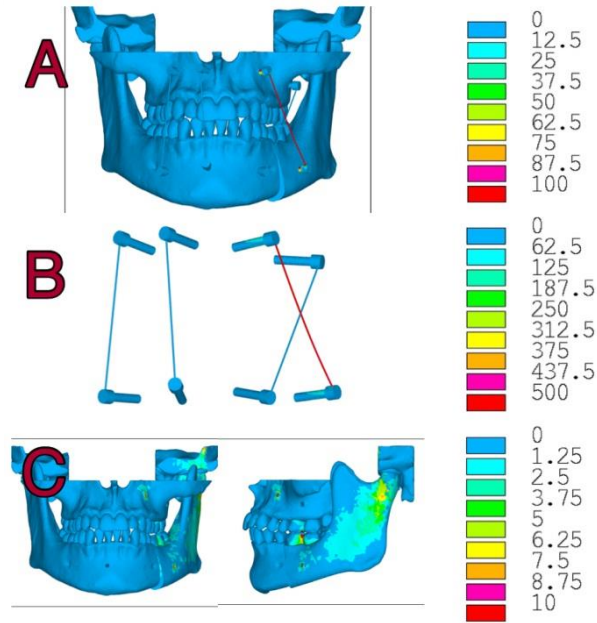
Şekil 3.4. D modeline ait görseller. (A) kırık hatları IMFV ve ligatürlerinin maksilla ve mandibuladaki görünümü, yanında stres değerlerine ait skala (B) IMFV ve ligatür tellerinde oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (C) Kemik dokusunda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (görseldeki deplasmanlar 30 kat büyütülmüştür)

Çizelge 3.4. D modeline ait analiz sonuçları

			SAĞ	SOL	
Kırık hattında deplasman miktarı(mm)			0.142	0.004	
IMFV'nın çevresindeki kortikal kemikte Oluşan stresler (MPa)	Maksilla	Anterior	0.82	17.2	
		Posterior	0.28	5.62	
	Mandibula	Anterior	1.26	5.44	
		Posterior	0.93	11.4	
Tellerde oluşan stresler (MPa)			anterior	1	557 (üst anterior-alt posterior)
			posterior	4	406 (üst posterior-alt anterior)

3.5. Model E

E modelinde 8 adet IMFV'sı kullanılmış olup, sağda düz, solda ise çapraz ligatürleme yapılmıştır. Parasimfiz kırık hattında bulunan vidalardan anteriorda bulunanlar kırık hattının medialine kaydırılmıştır. Böylelikle orta segmentin her iki sınırında da IMFV mevcuttur (Şekil 3.5)(Çizelge 3.5).



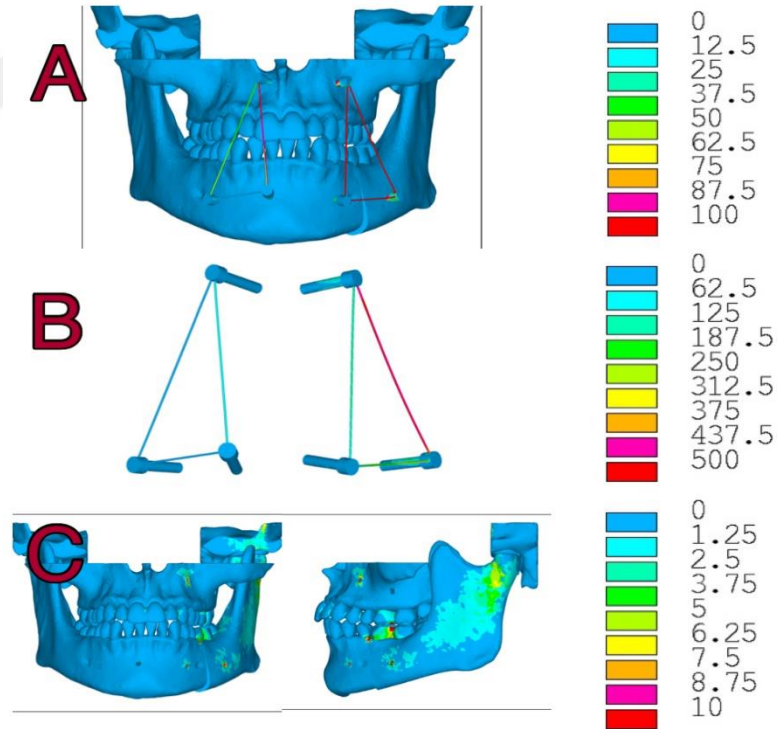
Şekil 3.5. E modeline ait görseller (A) kırık hatları IMFV ve ligatürlerinin maksilla ve mandibuladaki görünümü, yanında stres değerlerine ait skala (B) IMFV ve ligatür tellerinde oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (C) Kemik dokusunda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (görseldeki deplasmanlar 30 kat büyütülmüştür)

Çizelge 3.5. E modeline ait analiz sonuçları

			SAĞ	SOL
Kırık hattında deplasman miktarı(mm)			0.0005	0.095
IMFV'nın çevresindeki kortikal kemikte Oluşan stresler (MPa)	Maksilla	anterior	0.15	14.8
		posterior	0.12	0.15
	Mandibula	anterior	0.03	0.025
		posterior	0.09	11.2
Ligatür tellerinde oluşan stresler (MPa)			3	554
			Anterior ligatür	Üst anteriordan alt posteriora
			4	1.5
			Posterior ligatür	Alt anteriordan üst posteriora

3.6. Model F

F modelinde toplamda iki kırık hattında üçgen bir form oluşturacak şekilde çift tarafta 3'er tane toplamda 6 adet IMFV'sı kullanılmıştır. Mandibulada 2'şer adet maksillada 1'er adet vida yerleştirilmiştir (Şekil 3.6) (Çizelge 3.6).



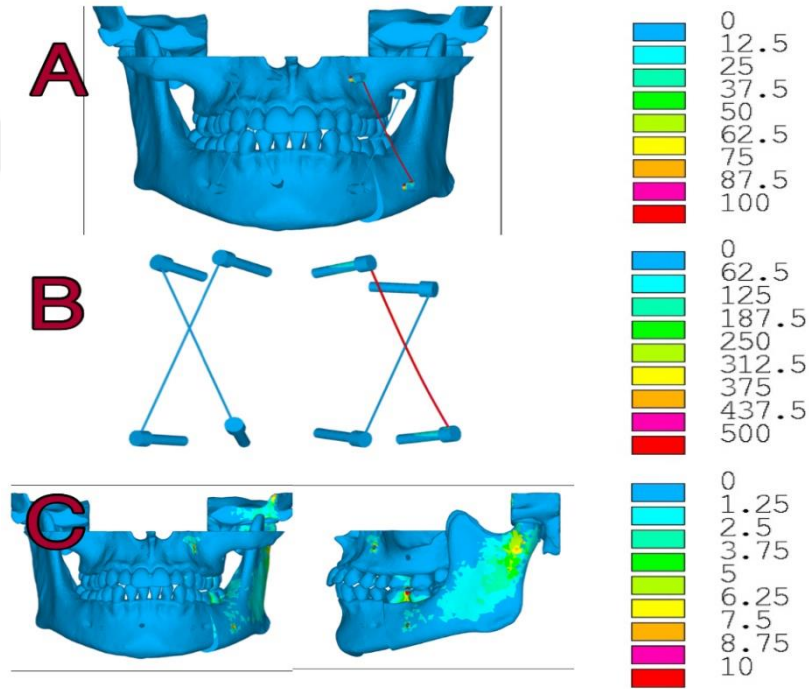
Şekil 3.6. F modeline ait görseller (A) kırık hatları IMFV ve ligatürlerinin maksilla ve mandibuladaki görünümü, yanında stres değerlerine ait skala (B) IMFV ve ligatür tellerinde oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (C) Kemik dokusunda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (görseldeki deplasmanlar 30 kat büyütülmüştür)

Çizelge 3.6. F modeline ait analiz sonuçları

		SAĞ	SOL	
Kırık hattında deplasman miktarı(mm)		0.0003	0.066	
IMFV'nın çevresindeki kortikal kemikte Oluşan stresler (MPa)	Maksilla	0.35	3.27	
	Mandibula	anterior	0.60	3.45
		posterior	0.18	1.55
Ligatür tellerinde oluşan stresler (MPa)	Anterior ligatür	96	138	
	Posterior ligatür	48	514	
	Horizontal ligatür	7	270	

3.7. Model G

Bu modelimizde ligatürleme her iki kırıkta da çapraz olacak şekilde yapılmıştır. Vidalar her iki kırık hattının medialinde ve distalinde olacak şekilde konumlandırılmıştır (Şekil 3.7)(Çizelge 3.7).



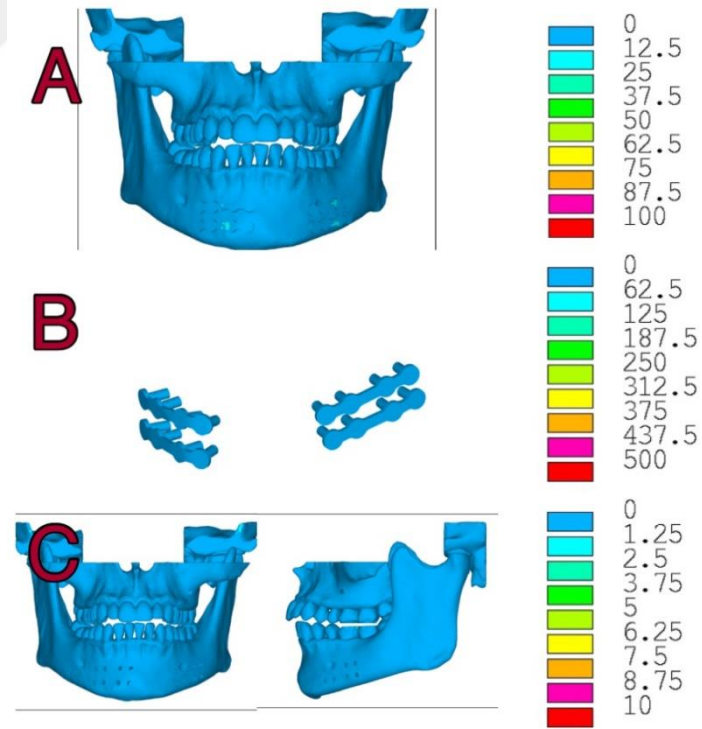
Şekil 3.7. G modeline ait görseller (A) kırık hatları IMFV ve ligatürlerinin maksilla ve mandibuladaki görünümü, yanında stres değerlerine ait skala (B) IMFV ve ligatür tellerinde oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (C) Kemik dokusunda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (görseldeki deplasmanlar 30 kat büyütülmüştür)

Çizelge 3.7. G modeline ait analiz sonuçları

		SAĞ	SOL	
Kırık hattında deplasman miktarı(mm)		0.0003	0.092	
IMFV'nın çevresindeki kortikal kemikte Oluşan stresler (MPa)	Maksilla	anterior	0.167	2.97
		posterior	0.07	0.37
	Mandibula	anterior	0.02	0.02
		posterior	0.03	2.83
Ligatür tellerinde oluşan stresler (MPa)	Üst anteriordan alt posteriora	6.3	556	
	Alt anteriordan üst posteriora	1.1	4	

3.8. 2 Plak İle Fiksasyon Modeli

Plak ile fiksasyonunun modellendirildiği bu analizde sağ ve solda her kırık hattında superior ve inferior konumlu iki adet plak iki tarafa da uygulanmıştır. Totalde 4 adet plak ile fiksasyon yapılmıştır (Şekil 3.8)(Çizelge 3.8).



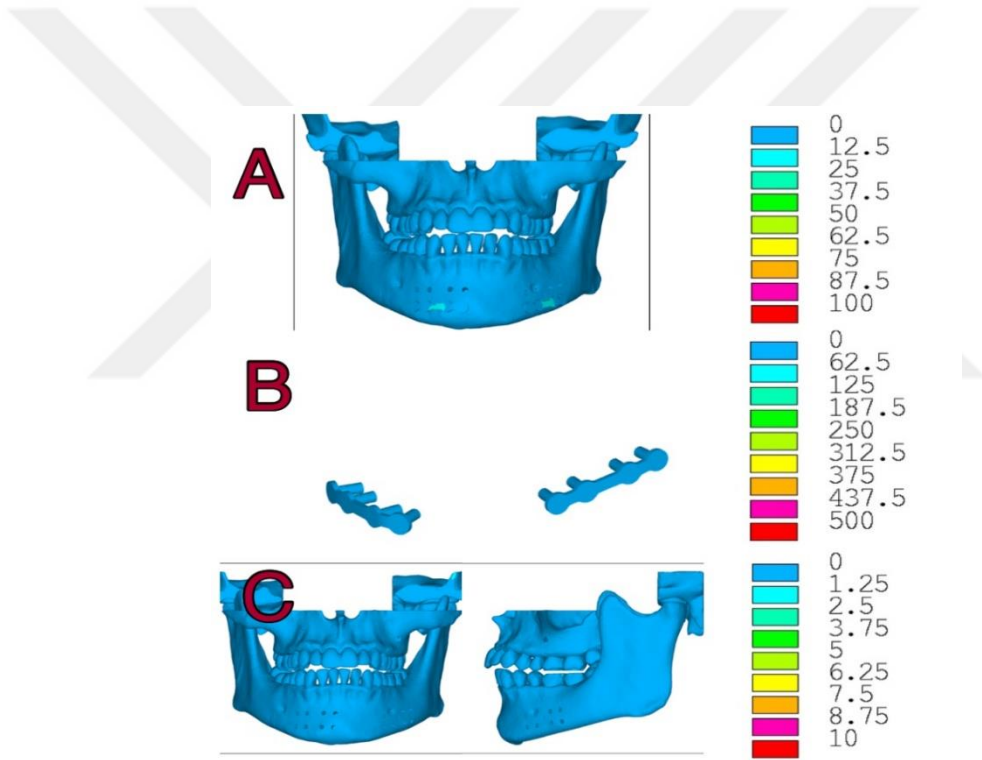
Şekil 3.8. 2 plak ile fiksasyon modeline ait görseller (A) kırık hatları plakların ve maksilla ve mandibulanın görünümü, yanında stres değerlerine ait skala (B) plak ve vidalarda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (C) Kemik dokusunda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (görseldeki deplasmanlar 30 kat büyütülmüştür)

Çizelge 3.8. İki plak ile fiksasyon modeline ait analiz sonuçları

		SAĞ	SOL
Kırık hattında deplasman miktarı(mm)		0.0001	0.0003
IMFV'nın çevresindeki kortikal kemikte Oluşan stresler (MPa)	Superior plak	0.001	0.002
	İnferior plak	0.001	0.002
Plakta oluşan stresler (MPa)	Superior plak	10.1	10.6
	İnferior plak	8.5	13.5

3.9. 1 Plak İle Fiksasyon Modeli

Bu modelde kırık hatlarına birer adet plak uygulanmıştır (Şekil 3.9)(Çizelge 3.9).



Şekil 3.9. 1 plak ile fiksasyon modeline ait görseller (A) kırık hatları plakların ve maksilla ve mandibulanın görünümü, yanında stres değerlerine ait skala (B) plak ve vidalarda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (C) Kemik dokusunda oluşan stresler, yanında stres değerlerine ait skala (görseldeki deplasmanlar 30 kat büyütülmüştür)


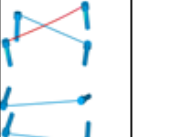


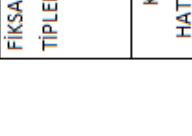
Çizelge 3.9. Bir plak ile fiksasyon modelinin analiz sonuçları

	SAĞ	SOL
Kırık hattında deplasman miktarı(mm)	0.0002	0.0003
Santral yerleşimli vidanın çevresindeki kortikal kemikte oluşan stresler (MPa)	1.74	1.94
Plakta oluşan stresler (MPa)	16.3	25.6

Aşağıdaki çizelgede Sonlu eleman analizlerin derlenmiş halini görebilirsiniz.
(Çizelge 3.10)



Çizelge 3.10. Kırık hattında meydana gelen deplasman miktarı ve von Misses stres değerleri

	MODEL A PARASİMİFİZ KORPUS	MODEL B PARASİMİFİZ KORPUS	MODEL C PARASİMİFİZ KORPUS	MODEL D PARASİMİFİZ KORPUS	MODEL E PARASİMİFİZ KORPUS	MODEL F PARASİMİFİZ KORPUS	MODEL G PARASİMİFİZ KORPUS	ORIF CHAMPY TEKNIĞI PARASİMİFİZ KORPUS	ORIF TEK PLAK PARASİMİFİZ KORPUS
FİKSASYON TİPLERİ									
KIRIK HATTINDAKİ MAKSİMUM DEPLASMAN (mm)	0.155 0.025	0.003 0.068	0.00012 0.107	0.142 0.004	0.00005 0.095	0.00003 0.066	0.00003 0.092	0.00001 0.0003	0.00002 0.0003
VIDALARIN ÇEVRESİNDEKİ KORTİKAL KEMİKTE OLUŞAN STRESLER (Mpa)	0.07 2.81	0.04 2.43	0.38 0.26 0.14 2.15	0.28 0.82 17.2 5.62	0.12 0.15 14.8 0.15	0.35 3.27	0.07 0.16 2.9 0.37	0.001 0.002	1.74 1.94
TELLERDE VEYA PLAKTA OLUŞAN STRESLER (Mpa)	3 52 544	2 511	7 0.8 0.5 502	1 4 557 406	4 3 554 1.5	48 96 138 514	1.1 6.3 556 4.0	10.1 10.6	16.3 25.6
	79					7		8.5 13.5	

3.10. Kırık Hattında Meydana Gelen Deplasman Miktarı

Kasların çekme kuvvetine bağlı olarak mandibulanın inferior marjinde ayrılma meydana gelirken, okluzal bölümde segmentlerin birbirine devrilerek temas oluşturduğu gözlenmektedir. Bu nedenle deplasman miktarı maksimum hareketin görüldüğü kırık hattının tabanında bulunan birbirine çakışık iki noktanın birbirinden uzaklaşma mesafeleri ölçülerek hesaplanmıştır.

Deplasman miktarı incelendiğinde stabil fiksasyonun sağlandığı modeller plak ile fiksasyonda görülmüştür. Plak ile yapılan fiksasyon IMFV ile yapılan IMF oranla çok daha başarılıdır. IMF formasyonlarını kendi içinde değerlendirildiğinde ise en başarılı modellerin B ve F modelleri olduğu ortaya çıkmıştır. B modelinde 4 adet IMFV ile düz ligatürleme yapılmıştır. F modelinde simetrik olarak üçgen ligatürleme yapılmıştır. Serbest kırık fragmanının her iki distal sınırında IMFV bulunan E ve G modellerinde ise corpus kırığında deplasmanın B ve F modellerine göre bir miktar arttığı görülmektedir. Bu modellerde corpus kırığının olduğu tarafta çapraz ligatürleme yapılmıştır. A ve D modelleri vidaların serbest kırık fragmanında dengeli yerleşmediği modellerdir. Bu nedenle diğer modellerden ayrılmaktadır. En başarısız modeller olarak gözükmektedirler. Bu modellerde serbest kırık fragmanında sadece bir IMFV bulunmaktadır. Vidanın olduğu tarafa doğru çekme kuvveti oluşurken karşı taraftaki kırık hattında çok fazla hareket meydana gelmiştir. Bu modellerde parasimfiz kırığında deplasman miktarı dramatik derecede artmıştır.

Başarılı modeller göz önüne alındığında parasimfiz kırık hattında corpus kırık hattına göre daha az hareket izlenmiştir. Tüm modellere bakıldığında Parasimfiz kırığında ölçülen maksimum deplasman 0.155mm'dir. Parasimfiz kırığında en fazla deplasmanın görüldüğü A ve D modellerinde sağda kullanılan tüm vidalar kırık hattının distalindedir ve serbest kırık fragmanında corpus kırığına yakın sadece tek bir vida vardır. Parasimfiz kırığında görülen maksimum deplasmanın izlendiği bu modellerde, serbest kırık fragmanında parasimfiz kırığından uzak konumlu bir adet IMFV vardır. Bunun yanı sıra bu vidanın kendisinden uzak IMFV ile ligatürlenmiş olması serbest kırık fragmanın postero-superior çekme kuvvetine maruz kalması ile

kırık hattında ayrılmaya sebep olmuştur. C modeli 0.107mm ile korpus kırığında en maksimum deplasman göstermiştir. Bu modelde de serbest kırık fragmanına 1 adet IMFV yerleştirilmiştir.

Sonuç olarak; Serbest kırık fragmanına tek IMFV konulması deplasmanı arttırıp reduksiyonu bozmaktadır. İki kırık hattının her iki yanına yerleştirilen IMFV deplasman miktarını azaltır. Multiple kırıklı mandibulada; Kırık hatlarının her iki tarafına da IMFV konulmalıdır ya da doğru okluzyon sağlanmış ise serbest fragmana IMFV konulmayabilir.

3.11. Vidaların Çevresindeki Kortikal Kemikte Oluşan Stresler

Tüm modellerde en fazla strese maruz kalan vidalar korpus kırığının distalinde olan ve maksillada ona ligatürlenmiş vidalardadır. En fazla strese maruz kalan vidalar çapraz ligatürleme yapılan D-E modellerinde corpus kırığının distalinden maksilla anterior konumlu vidaya uzanan ligatür ile bağlı vidalardır. Maksilladaki vidalarda mandibuladaki vidalara oranla daha fazla stres oluşmuştur. Üçgen ve düz ligatürlerin kullanıldığı modellerde kemikte oluşan streslerde önemli bir fark yoktur ve çapraz ligatürlere oranla oldukça azdır. İnférieur konumlu tek plak ile fikse edilen modelde kortikal kemikte oluşan stresler düz ve üçgen ligatürlerin kullanıldığı modellere yaklaşmaktadır. Plak ile fiksasyonda en az stresin oluştuğu model çift plak ile fiksasyonun yapıldığı senaryodur. Plak ve vida sayısının artması stres dağılımına katkıda bulunmuştur.

3.12. Tellerde ve Plaklarda Oluşan Stresler

IMF yapılan modellerde en fazla strese maruz kalan ligatürler korpus kırığının posteriorunda konumlu olan vidaya bağlanan tellerdir (min 511;max 557). Kas kuvvetlerinin etkisinin en fazla olduğu düşünülen bu alanlarda tellere de daha fazla kuvvet gelmektedir. Parasimfiz kırığının olduğu bölgede tellerde minimal gerinimler oluşmuştur(max. 96 MPa-F modeli). Parasimfiz kırığının olduğu alanda,

düz ligatürlemede çok az bir stres meydana gelirken (max. 7 Mpa), üçgen ligatürlemede bir miktar artış söz konusudur (max. 96 Mpa). Fakat çapraz bağlanan ligatürlerde özellikle korpusun distaline bağlanan tellerde artış oldukça fazladır (max. 557 MPa-D modeli).

Plak ile fiksasyonun yapıldığı modellerde inferior konumlu tek plak ile yapılan fiksasyonda çift plak ile yapılan oranla daha fazla stres ölçülmüştür. Çift plağın kullanıldığı model oluşan streslerin dağılımı açısından IMFV ile fiksasyondan ayrılmaktadır. IMFV ile fiksasyonda parasimfiz kırığının olduğu alanda vidalara ve tellere gelen stresler oldukça azken plak ile fiksasyonda her iki kırık bölgesindeki plaklarda benzer stres değerleri ölçülmüştür. Kortikal kemikte oluşan stresler ile plakta oluşan stresler karşılaştırıldığında plağın vidalardan daha fazla strese maruz kaldığı ortaya çıkmaktadır.

4. TARTIŞMA

Mandibula kırıklarının tedavisi hastaların hayat standartlarını düşüren ve uzun tedavi süreleri gerektiren bir protokoldür. İnternal fiksasyonun fasiyal travma tedavisinde kullanımı, immobilizasyon kriterlerinde değişikliklere sebep olmuştur. Fonksiyonun kısa sürede geri kazanılmasını sağlayarak, hastanın normal hayata dönüşünü kolaylaştırmıştır. İnternal fiksasyon bu önemli avantajına rağmen, konvansiyonel tedaviye kıyasla bazı komplikasyon ve riskler taşımaktadır. Eğer internal fiksasyon doğru bir redüksiyon ile yapılmazsa veya yeterli rijiditeyi sağlayamazsa postoperatif maloklüzyon riski artmaktadır. Ayrıca hem ekstraoral hem intraoral yaklaşımla yapılan ORIF tedavisinde sinir hasarı riskleri artmaktadır. Bunlara ek olarak osseosentez materyalinin fiksasyonu sırasında diş kökü ve mandibular sinir zedelenmesi riski de taşımaktadır. Yabancı cisim varlığına bağlı olarak oluşabilecek enfeksiyon, soğuk hassasiyeti, hasta rahatsızlığı gibi şikayetler olabilir ve materyalin ekstra bir cerrahi işlem ile çıkartılması ihtiyacı ortaya çıkabilir. Ancak bu komplikasyon risklerine rağmen ORIF günümüzde en çok kabul gören tedavi seçeneğidir. ORIF'un en büyük avantajı postoperatif IMF süresini kısaltması ve hatta ortadan kaldırmasıdır. Fakat internal fiksasyon sonrası rijit bir yapı kurulamazsa, fragman hareketliliği kemiğin kötü kaynamasına veya kaynamamasına ayrıca enfeksiyona sebebiyet verebilir. Böyle bir durumla karşılaşılması halinde ORIF ile tedavinin en büyük avantajı olan erken mobilizasyon imkanı ortadan kalkmakta ve IMF ile immobilizasyon yapılması gerekmektedir (Calloway ve ark., 1992). IMF için uygulanan ark barlar gibi standart seçenekler, uygulama süresinin uzun oluşu, periodontal dokulara hasar vermesi ve tedavi sürecinin ağırlı geçmesi gibi sebeplerden dolayı, hekimleri hasta konforunu arttıran ve maliyetleri düşüren tedavi seçenekleri arayışına itmektedir (Bins ve ark., 2015). Mandibula kırıklarının tedavisi için kullanılacak diğer seçenekler düşünüldüğünde IMFV'ları kullanım kolaylığı, hızlı ve pratik uygulanması, ağız hijyeninin idamesine imkan sağlaması açısından diğer IMF tekniklerine göre avantajlıdır ve ORIF'a kıyasla noninvaziv bir metod oluşu sayesinde kırık tedavisinde öne çıkan bir uygulama olmaktadır.

Literatürde kapalı redüksiyon ve IMF ile yapılan tedavilerin ORIF'a kıyasla daha az komplikasyon riski taşıdığını gösteren bir çok yayın mevcuttur. Moreno ve ark. 232 hastada yaptığı retrospektif çalışmada 367 adet kırığın tedavisinde kapalı redüksiyon ve IMF (40 gün), 2.0 mm miniplak (0-15 gün IMF), AO 2,4 mm ve 2,7 mm plakların kullanıldığı farklı 4 tekniği karşılaştırmıştır. Kapalı redüksiyon ve IMF ile tedavi enfeksiyonun en az görüldüğü tedavi seçeneğidir (sırasıyla %4,4; 13,3; 15,8; 12,5). Fakat tüm bu yöntemlerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Moreno komplikasyon riski ile kırığın ciddiyeti arasında bir korelasyon olduğunu rapor etmiştir. Seçilen tedavi metodu komplikasyon oranını etkilememektedir (Moreno ve ark., 2000).

AO tekniği ile ORIF uygulandığında kırık 2,7 mm veya 2,4 mm lik kompresyon plakları ile 2,0 mm çapındaki vidalar vasıtasıyla fikse edilmektedir. Bu şekilde fragmanlar arasında baskı oluşturulup tam bir immobilizasyon sağlanır. Bu kadar rijit bir yapının kurulması gereksimi tekniği zorlaştırmakta ayrıca oluşabilecek maloklüzyonun postoperatif IMF ile düzeltilmesini olanaksız kılmaktadır. AO tekniğinin literatürde 6-35% komplikasyon oranları rapor edilmiştir (Moreno ve ark., 2000). Bochologyros (1985) ise 20 yıllık periotta kırıkların 69,5%'ini kapalı redüksiyonla tedavi etmiştir ve bu vakalarda nonunion insidansının 0.8% olduğunu rapor etmiştir. Görüldüğü üzere ORIF güncel tedavi de ilk tercih edilen seçenek olmakla birlikte kapalı tedaviye kıyasla daha fazla komplikasyon riski taşımaktadır.

Lamphier ve ark. (2003) yaptığı çalışmada 358 hastada 594 adet kırığın tedavisinde komplikasyonları değerlendirmiştir. Komplikasyonların sıklık sırası Moreno ve ark.'nın yaptığı çalışma ile benzerlik göstermektedir. Enfeksiyon en sık görülürken, bunu nonunion ve osteomyelit, dokunun açılması, maloklüzyon ve sinir yaralanmaları izlemektedir. Komplikasyon oranının kapalı redüksiyonda (%9,1 ORIF'a (29,2%) oranla istatistiksel olarak oldukça az olduğunu açıklamıştır ($P < .001$). Ayrıca, nonunion görülme oranı tüm kırıklarda 4,8%'idir. Nonunionun görülen vakalarda, angulus (%51.7) ile corpus (%34.4) kırıkları en çok karşılaşılandır. Kapalı redüksiyonun ORIF ile tedaviye oranla oldukça düşük nonunion riski taşıdığını ortaya koymaktadır ($p < .006$) (Lamphier ve ark., 2003). Bizim yaptığımız

çalışmada posterior kırık hattındaki hareketin fazla olması posterior kırıklarda parasimfiz kırıklarına oranla nonunion riskinin artmış olmasını destekler niteliktedir.

IMFV'ları kullanılarak yapılmış çalışmalarda maloklüzyon oranları yüzde 1,6'dan 12,5'e kadar değişiklik göstermektedir (Roccia ve ark., 2005; Bissadave ark., 2011; Ansari ve ark., 2011; Coletti ve ark., 2007; Vartanian ve Alvi, 2000; GORDON ve ark., 1995). Ansari ve ark. (2011) IMFV'sı kullanarak tedavi ettiği anterior ve posterior mandibular kırıklarda, posterior kırıklarda maloklüzyon riskinin(12.5%) istatikselsel olarak anterior kırıklarda maloklüzyon riskine (0%) göre daha fazla olduğunu açıklamıştır ($P < .001$). Yaptığımız bu çalışmada sonlu elemanlar analizi değerlendirildiğinde bu komplikasyon riskini destekleyen sonuçlar elde edilmiştir. Posterior kırık hattında stabilitenin kurulmasının anteriorda konumlu kırığa göre daha zor olduğu görülmektedir. Kırık hattı posteriora doğru kaydıka kırığın distalinde kalan segmentte kasların etkisinin arttığı ve deplasmana sebep olduğu ortaya çıkmaktadır. Fakat İnternal fiksasyon yapıldığında ise deplasman miktarı çok daha az olmaktadır (max. 0,0003mm). Posterior kırıklarda internal fiksasyon olmaksızın IMFV'sı ile tedavide maloklüzyon riski artacağı düşünülebilir.

Kırıkların yalnız IMF ile tedavisinde kemikte tam bir anatomik redüksiyon olmasa bile dişlerde doğru bir oklüzyon sağlandığı için maloklüzyon riski düşüktür (2,9% maloklüzyon) (Moreno ve ark., 2000). Eğer, internal fiksasyon doğru pozisyonunda ve yeterli derece rijit olmazsa postoperatif maloklüzyon riski artmaktadır (Moreno ve ark., 2000). Bu sebeple IMF'nun iyi uygulanması tedavinin başarısını arttıran bir unsurdur. Multiple kırıklı bir vakada IMFV'nın dengeli ve simetrik bir dağılımla yerleştirilmesi deplasman miktarını azaltacak bu sayede maloklüzyon riski de azalacaktır.

IMFV'nın kullanımı, 4-6 hafta sürecek kapalı redüksiyonla kırık tedavisinde hasta uyumsuzluğu ve yüksek vida kayıp oranından dolayı, komplike olmayan kırıklarda final oklüzyon ve kırık iyileşmesi açısından ORIF kadar başarılı olmasına rağmen geri planda kalmaktadır (West ve ark., 2014). IMFV kullanıldığında

maloklüzyon görülme sıklığı önceki raporlara göre 2% ile 3,4%'tür (Ingole ve ark., 2014).

Fakat Moreno ve ark. (2000) göre komplikasyon (maloklüzyon, enfeksiyon, gecikmiş iyileşme vb.) görülme sıklığı tedavi seçeneğinden çok kırığın derecesiyle ilişkilidir (Moreno ve ark., 2000). Vidaların gevşemesi ve düşmesi de sıklıkla karşılaşılan komplikasyonlardır. IMFV'lerinin uzunluğu, konulduğu bölgedeki kemiğin miktarına, yoğunluğuna ve anatomik oluşumlara bağlıdır.

IMF için kullanılan diğer metodlar ile karşılaştırıldığında IMFV'leri komplikasyonları azaltması ve pratik oluşu yönünden yapılan çalışmalarda üstün gelmektedir. Eyelet ile IMFV'lerini karşılaştırıldığı çalışmada her quadrana bir tane olmak üzere 3-4 yada 4-5 numaralı dişler arasına 2mm çaplı 8-10mm uzunlukta vidaları yerleştirmiştir. Okluzal bozukluklar açısından eyelet ile IMFV arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır (Ingole ve ark., 2014).

Coletti ve ark. (2007) mandibula kırıklarının tedavisi için 49 hastada kullandığı 229 IMFV'nin 15 tanesinde (%6,5), (hastaların %29) gevşeme, 2 tanesinde kırılma komplikasyonu yaşamıştır. 3 hastada ligatür tellerinde gevşeme gerçekleşmiştir. Rai ve ark. (2011) yaptığı çalışmada hastaların %16,67'sinde vida gevşemesi görülmüştür. Vida gevşemesi yaşanan hastaların yarısında orta yüz kırığı mevcutken diğer yarısında mandibula kırığı mevcuttur. Vida gevşemesi yaşanan mandibula kırığı olan hastaların oranı %16,6'dır. Bu popülasyonun %10,3'ünü bilateral angulus/corpus/parasimfiz kırığı, %6,3'ünde unilateral angulus/corpus/parasimfiz kırığı oluşturmaktadır (Coletti ve ark., 2007). Yazarlar vida gevşemesini hastaların kas aktivitesine bağlamaktadır. Çünkü iki çalışmada da maksilla ve mandibulada eşit oranda vida gevşemesi ile karşılaşmışlardır (Rai ve ark., 2011; Coletti ve ark., 2007).

Rai ve ark. (2011) dört haftadan uzun süreli IMF yapılacak vakalarda vida gevşemesi problemi yaşandığı için IMFV'nı önermemektedir. Yaptığımız sonlu eleman analizinde IMFV'nın lokasyonları posteriora doğru kaydıka tellerde ve

vidaların çevresindeki kortikal kemikte oluşan stresin ciddi anlamda arttığı görülmektedir. Bu strese bağlı olarak vida gevşemesi görülme riski artmaktadır.

Daha önceden yapılmış yayınlarda kırık sonrasında kas kuvvetlerinde birkaç hafta süreyle azalma rapor edilmiştir. Postoperatif 1. Haftada kas kuvvetleri %31, 4. Haftada %58 olarak ölçülmüştür.(Tate ve ark., 1994; Dal Santo ve ark., 1992). Bizim çalışmamız da kas kuvvetleri %40 azaltılmış değerler olarak alınmıştır. İlk günlerde daha düşük kas kuvvetleri olacağı düşünülebilir. Bu da deplasman ve stres değerlerinde daha düşük değerler elde edilebileceğini düşündürmektedir.

Kemiğin sağlıklı bir şekilde idamesi için 1,4 ile 5,0 MPa arasında büyüklükteki streslere ihtiyacı olduğunu rapor edilmiştir (Rieger ve ark. 1990). Bu büyüklüğün dışında meydana stresler kemikte rezorpsiyona sebep olmaktadır. Bu çalışmada sol kırık hattında çapraz ligatürlemenin analizinde Model D ve Model E'de posterior kırığın distalindeki vidadan maksillada bulunan vidalardan anterior konumlu olana ligatürlenmiş olanların boyun kısmında kemikte oluşan stres miktarları Rieger'in açıkladığı oranların oldukça üzerindedir (min. 11,2 MPa max. 17,2 MPa). Vidaların kendisinden uzakta olan vida ile ligatürlenmesi kemiğin taşıyabileceğinden fazla bir stres oluşmasına sebep olmaktadır. Çapraz ligatürlemenin yapıldığı modellerde vida sayısının artmış olmasına rağmen hem deplasman miktarında hem de kemikte oluşan streslerde artış olduğu ortaya çıkmaktadır. Düz ligatürlemenin yapıldığı modellerde kemikte oluşan stresler biyolojik değerler sınırında kalmaktadır.

Her iki kırığın posteriorunda bir adet IMFV'nın olduğu, serbest kırık fragmanında hiçbir IMFV olmayan, B modeli tedavi sonuçları açısından en başarılı modellerden biri olarak görülmektedir. Bu sonuç vidaların sayısından ziyade lokasyonlarının önemini ortaya koymaktadır. Vidalar yerleştirilirken fiksasyonu dengeleyecek şekilde planlanması gerekmektedir. Bu noktada çift taraflı kırık hattına sahip hareketli segmentlerin her iki sonuna IMFV yerleştirildiğinde dengede durabildiği, serbeset kırık fragmanının sadece tek bir IMFV ile fikse edilmesi durumunda, vidanın olduğu tarafa doğru oluşan çekme kuvveti sonucunda diğer kırık

hattında ayrılma meydana geldiği ortaya çıkmaktadır. Üçgen ligatürlemenin yapıldığı kırık hatlarında deplasmanın azalması da horizontal olarak ligatür uygulanmasının pozitif etki yaptığını göstermektedir.

Kas kuvvetlerinin daha fazla etkisinin görüldüğü posterior alanlarda yapılan simetrik ve dengeli bir planlama vida sayılarından bağımsız olarak, iki kırık hattı arasında kalan segmentte denge kurmakta ve hareketini sınırlamaktadır. Serbest kırık fragmanını dengeleyecek şekilde vidalar yerleştirilmediğinde arada kalan bu fragman teller vasıtasıyla fikse edildiği tarafa doğru postero-superior yönde çekilmektedir ve karşı tarafta şiddetli bir ayrılmaya sebep olmaktadır.

Kırık hattında 0,15 mm'yi aşan segmental hareket oluşması kemik iyileşmesini engellemektedir (Søballe, 1993; Cox ve ark., 2003). A modeli hariç diğer tüm modellerde deplasman miktarı, iyileşmenin bozulacağı düşünülen 0,15 mm sınırını aşmamıştır. A modelinde dahi maksimum deplasman 0,155 mm ölçülmüştür. Bu değerler göz önünde bulundurulduğunda kırık iyileşmesinin en önemli tedavi kriteri olan fiksasyonun IMFV'ları ile de sağlandığı ortaya çıkmaktadır.

Çıkan çizelge göz önünde bulundurulduğunda plak ile fiksasyon kırık hattında stabil bir yapı kurması açısından IMFV ile tedaviye üstündür. IMFV kullanıldığında değişik ligatürlemelerden üçgen formunda yapılan ligatür deplasmanı azaltmak için en başarılı yöntem gözükmektedir. Kırık hattını dik kesen bir bağlantı kurarak horizontal yönde kemik fraktürlerini yaklaştırarak hareketi azalttığı düşünülebilir çünkü diğer ligatür seçeneklerinde horizontal ligatür bulunmamaktadır.

Ligatürlerde görülen en fazla gerinim kuvvetleri posterior kırığın distalinde yerleşimli vidalara bağlanan tellerde ölçülmüştür. Anterior kırıklarda posteriora kıyasla ısırma kuvveti ile çok daha düşük stres değerleri ortaya çıkmıştır. Bu sebeple anterior kırıklarda deplasmanı önlemek açısından IMFV neredeyse plak kadar başarılıdır.

Roccio ve ark. (2005) göre çoklu parçalı kırıklarda, alveol kırığında ve silah yaralanmaları gibi postoperatif direkt çekme kuvvetinin gerekli olduğu vakalarda IMFV'ları kontrendikedir. Bundan dolayı IMFV'larının kullanımı bir veya iki tane minimal deplasmanın olduğu basit mandibular kırıklar, kompond kondiler kırıklar ve işlevsel hareketli proteze sahip dişsiz hastalar için endikedir. Yaptığımız çalışma Roccio ve ark. belirttiği endikasyonları destekler nitelikte, basit multiple kırıkların bulunduğu tam dentisyonlu bir hastanın modelinde IMFV'larının kırık hattının immobilizasyonunda başarılı olacağı ortaya çıkmıştır.

Hala kapalı redüksiyon ve IMF ile tedavi ve ORIF seçeneği arasındaki tartışma devam etmektedir. Ortaya çıkan sonuçlar göstermektedir ki komplikasyon oranları hastaya ve kırığın ciddiyetine bağlı değişmektedir. IMF ile tedavi fonksiyonu kısıtlamasından tam bir hasta kooperasyonu gerektirmektedir. Ancak hızlı bir prosedür oluşu, kısa hospitalizasyon süresi hatta lokal anestezi altında işlem yapılabilmesi, maliyetinin düşük olması gibi sebeplerden dolayı ORIF'a kıyasla avantajlı bir seçenektir. Kapalı redüksiyon ile tedavi günümüzde hala yaygın olarak kullanılmaktadır. İnternal fiksasyon ise erken fonksiyonun sağlanması açısından öne çıkmaktadır. Fakat fiyat ve sonuç değerlendirmesi yapıldığında kapalı redüksiyon ayakta tedavi imkanı, işlem süresinin kısılması, gerekli durumlarda hastane yatışının kısılması gibi sebeplerden ORIF'e göre üstündür.

Kırıkların tedavisindeki temel amaçlardan biri kullanılan yabancı materyallerin sayı ve boyutlarını azaltmaktır. Kullanılan materyal sayısının artması komplikasyon risklerini de arttırmaktadır. Plakların sayısının ve fiksasyon için kullanılan vidaların artması diş kökleri ve sinirde oluşabilecek yaralanma risklerinin artmasına sebep olmaktadır. IMFV ise geçici olarak ağızda kalmaktadır ve ebat ve sayı olarak plaklara kıyasla oldukça daha az materyal kullanımı gerektirmektedir. Bu özelliği düşünüldüğünde ORIF ile kıyaslandığında noninvaziv oluşu ve materyallerin geçici olarak kullanılması IMFV'larının önemli bir avantajı olarak öne çıkmaktadır.

Gelişen teknolojiyle beraber görüntüleme cihazlarının detay ve görüntü kalitesi artmıştır. Bu sayede sonlu eleman analizi için yapılan doku modellemeleri de

gelişmektedir. İnsan vücudunun en ince ayrıntılarıyla modellenmesi yapılan analizlerin gerçeğe yakın sonuçlar vermesini sağlamaktadır. Ayrıca sonlu eleman analizi sayesinde neredeyse imkansız olan kontrollü deney çalışmaları sanal ortamda senaryo haline getirilerek ölçümlenebilir hale gelmiştir.

Sonlu eleman analizinde stres dağılımı geometrinin modellenmesi, materyal özellikleri ve sınır koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Mesh yapısının oluşturulmasında elemanların küçülmesi ve sayısının artması analizin hassasiyetini artırırken gerçeğe yakın sonuçların elde edilmesine yardımcı olmaktadır. Mandibula sahip olduğu özelliklerden dolayı nonhomojen ve anizotropik yapıdadır. Bu özelliklerinden dolayı baskı stresleri altında gerilim streslerine göre farklı strain ve elastisite modülü değerlerine sahiptir (Geng ve ark., 2001). Daha önceden yapılan çalışmalarda mandibulanın kemik yapısı, dışında kortikal bir kabuk içinde daha yumuşak trabüküler kemiğin bulunduğu bir yapı olarak tanımlanırken biz bu çalışmada mandibulanın nonhomojen ve anizotropik özelliklerini aktarabilmek ve kemiğin materyal özelliklerini tanımlamak için HU değerlerini baz alan bir modelleme yaptık. Kemiğin materyal özelliklerini bu şekilde tanımlamamız varsayımları azaltan bir model elde etmemizi sağlamıştır. Sonuç olarak nonhomojen ve anizotropik bir model elde edilmiştir.

Biyolojik sistemlerin davranışlarını açıklamak için sadece mekanik modellerle kanıya varmak yanlış olacaktır. En önemli parametrelerden biri dokunun kendisini tamir edebilme yetisidir. Kırığın nasıl iyileşeceğine dair fikir sahibi olabilmek için normal dokunun fizyolojisi ve biyomekaniği, tolere edilebilecek hareketler, iyileşme için gerekli veya tolere edilebilir kuvvet miktarı, yumuşak dokudaki değişim miktarı, dokunun beslenmesindeki değişim gibi bazı faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Literatürde kırık tiplerine göre kullanılan IMFV'nın sayısını, lokalizasyonu ve de ligatürleme yöntemlerini standardize etmiş bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, sonlu eleman analizi ile parasimfizis ve korpus kırıkları bulunan, çoklu kırıklı mandibula senaryosunda IMFV'nın kullanımını optimize etmek amaçlanmıştır. 7 modelde IMFV farklı sayı, lokasyon ve ligatürleme seçenekleriyle analiz edilmiştir. Ayrıca mini plak ile fiksasyon seçeneği de aynı kırık senaryosunda uygulanarak, hem IMFV hem de mini plaklar kırık hattında meydana gelen deplasman ve kemik ve materyallerde oluşan stresler açısından karşılaştırılmıştır.

Korpus kırığında parasimfiz kırığına kıyasla plak, vida ve ligatür tellerinde daha fazla stres ve daha fazla deplasman ölçülmüştür. Kırık hattı posteriora kaydıka fiksasyon zorlaşmakta ve meydana gelen stresler artmaktadır.

Maksimum deplasman ölçümleri yapıldığında mini plaklar ile daha rijit bir fiksasyon sağlandığı görülmüştür. Ancak, kırık iyileşmesinin en önemli kriteri olan fiksasyonun IMFV ile de yeteri kadar sağlandığı ortaya çıkmıştır.

Kırıklarda meydana gelen deplasman miktarı açısından, inferior konumlu tek plak ile fiksasyon ile iki plak ile fiksasyon arasında fark yoktur.

Stres değerlerine bakıldığında, analiz edilen mini plak modellerinde, plaklarda vidaların çevresindeki kemikten daha fazla stres ölçülmüştür. Tek plak ile fiksasyon yapıldığında, iki plak ile fiksasyona kıyasla, plak ve vidalarda oluşan stresler artmıştır.

IMFV'nın dengeli bir yerleşimi ile kırık hattında stabil bir yapı kurulmaktadır. Serbest kırık fragmanında korpus kırığına yakın bir adet IMFV yerleştirildiğinde parasimfiz kırığında deplasman artmış ve redüksiyon bozulmuştur. Her iki kırığın hem mezialine hem de distaline IMFV yerleştirilmesi fiksasyonun başarısını artırır.

Serbest kırık fragmanında hiçbir IMFV olmayan B modeli deplasman ve oluşan stresler açısından en başarılı modellerden biri olarak görülmüştür. Eğer iyi bir redüksiyon ile doğru oklüzyon kurulmuşsa serbest kırık fragmanına IMFV konulmasına gerek yoktur.

Çapraz ligatürlemenin yapıldığı modellerde kemikte oluşan stresler artmıştır. Vidaların kendisinden uzakta olan vida ile ligatürlenmesi kemiğin taşıyabileceğinden fazla bir stres meydana getirmiştir. Düz ligatürlemenin yapıldığı modellerde kemikte oluşan stresler biyolojik sınırların altında kalmaktadır.

Rutin kullanılan düz ligatürleme yönteminin standart bir yöntem olarak oldukça başarılı olduğu ortaya çıkmıştır. Fakat kırık hattına yakın konumlu, kırığın hem distaline hem mezialine yerleştirilecek IMFV'nı horizontal olarak ligatürlemenin stabiliteye katkısı olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak IMFV plaklar kadar rijit fiksasyon sağlamasa da elde edilen deplasman miktarları iyileşmenin bozulacağı sınırların altında kalmaktadır. Çoklu kırıklı mandibulada IMFV ile IMF yapılacaksa, vida sayısından ziyade lokasyonları önemlidir. IMFV en yakın karşıt vidaya düz olarak ligatürlenmesi ve kırık hattının her iki yanına IMFV yerleştirilmiş ise horizontal ligatürleme de yapılması önerilir.

IMFV'nın kullanımını geliştirecek ve ideal kullanımına ışık tutacak klinik çalışmaların artırılması ve tedavi sonuçlarının değerlendirilmesi gerekmektedir.

ÖZET

Sonlu Eleman Analizi ile Mandibula Kırıklarının Tedavisinde İntermaksiller Fiksasyon Vidalarının ve Ligatürleme Seçeneklerinin Optimizasyonu

Çene kırıklarında, konservatif yöntem olarak kırığın kapalı redüksiyonu ve intermaksiller fiksasyonu yada invaziv yöntem olarak kırığın açık redüksiyonu ve internal fiksasyonu (ORIF-open reduction and internal fixation) olmak üzere 2 temel tedavi seçeneği vardır.

İntermaksiller fiksasyon (IMF), hem kapalı redüksiyon hem de açık redüksiyonda doğru anatomik pozisyonun sağlanması ve korunması için kullanılır. Bu amaçla, ark bar, eyelet, interdental telleme, ortodontik braketler, intermaksiller fiksasyon vidaları (IMFV) gibi teknikler kullanılır. Mandibula kırıklarının tedavisi için kullanılacak diğer seçenekler düşünüldüğünde IMFV kullanım kolaylığı, hızlı ve pratik uygulanması, ağız hijyeninin idamesine imkan sağlaması açısından diğer IMF tekniklerine göre avantajlıdır ve ORIF'a kıyasla noninvaziv bir metod oluşu sayesinde kırık tedavisinde öne çıkan bir uygulama olmaktadır.

Bu projenin amacı, mandibula kırıklarında optimum redüksiyon ve doğru oklüzyon için IMFV'nin lokasyonlarını, sayısını ayrıca farklı ligatürleme seçeneklerini, kasların oluşturduğu kuvvet altında kırık bölgesindeki stabiliteyi, kemik, vida, tel, plaklarda oluşan stresleri sonlu eleman analizi (Finite element analysis-SEA) ile değerlendirmektir.

Bu çalışmada IMF yapılabilmesi için hem mandibula hem de maksilla modellenmiştir. TME ve dişler sayesinde de oklüzyon sağlanmıştır. Çiğneme kaslarının lokasyonları ve kuvvetleri tanımlanarak ısırma kuvveti oluşturulmuştur. Çalışmamızda parasimfiz ve korpus kırığının olduğu multiple kırıklı mandibulada farklı lokasyon ve sayılarda IMFV'nin yerleştirildiği ve farklı ligatürleme çeşitleriyle IMF yapılan modellerde ölçümler yapılmıştır. Kontrol grubu olarak aynı kırıklarda 1 ve 2 miniplak ile fiksasyon da yapılmıştır. Bu modeller de hem kendi içerisinde hem de IMFV'nin kullanıldığı modellerle karşılaştırılmıştır.

Sonuçlar incelendiğinde, miniplak ile fiksasyon IMFV'na kıyasla daha rijit bir fiksasyon sağlamaktadır. Kırık hattı posteriora kaydıkça fiksasyon zorlaşmakta, vida ve tellerde daha fazla stres oluşmaktadır. IMFV'nin kullanıldığı modellerde serbest kırık fragmanına tek vida konulması deplasmanı artırıp redüksiyonu bozmaktadır. İki kırık hattının her iki yanına yerleştirilen IMFV deplasman miktarını azaltmaktadır. Sonuç olarak multiple kırıklı mandibulada; Kırık hatlarının her iki tarafına da IMFV konulmalıdır ya da doğru oklüzyon sağlanmış ise serbest fragmana IMFV konulmayabilir.

Plak ile fiksasyonun yapıldığı modellerde inferior konumlu tek plakta çift plağa oranla daha fazla stres ölçülmüştür. Çift plağın kullanıldığı model oluşan streslerin dağılımı açısından IMFV ile yapılan fiksasyondan ayrılmaktadır. IMFV ile fiksasyonda parasimfiz kırığının olduğu alanda vidalara ve tellere gelen stresler korpus kırığına kıyasla daha azken, plak ile fiksasyonda her iki kırık bölgesindeki plaklarda benzer stres değerleri ölçülmüştür. Kortikal kemikte oluşan stresler ile plakta oluşan stresler karşılaştırıldığında plağın vidalardan daha fazla strese maruz kaldığı ortaya çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: fraktür, intermaksiller fiksasyon vidası, intermaksiller fiksasyon, ligatür, mandibula, sonlu eleman analizi

SUMMARY

Optimization of Intermaxillary Fixation Screws and Ligation Options in the Treatment of Mandibular Fractures by Finite Element Analysis

The aim of mandibular fracture treatment is to restore ideal dental occlusion and function as soon as possible. Ensuring the fixation of the fractured segments in correct anatomic position until bone healing is the most important part of the treatment. For maxillomandibular fractures, there are two main treatment options. One of these is closed reduction and intermaxillary fixation (IMF) which is the conservative treatment, the other one is the invasive procedure that is open reduction and internal fixation (ORIF).

Intermaxillary fixation (IMF) is used to provide and maintain an accurate anatomical position both in closed and open reduction. For this purpose, techniques such as arch bars, eyelet, interdental wiring, orthodontic braces, intermaxillary fixation screws (IMFSs) are used. Advantages of IMFSs compared to other IMF techniques are ease of use, rapid and practical application, maintenance of oral hygiene, and a noninvasive operation compared to ORIF.

The aim of this project is to evaluate the number of IMFSs, their locations, the number of different ligating patterns by finite element analysis (FEA), as well as the biting force generated by muscles for optimal reduction and correct occlusion in mandible fractures.

In this study both mandible and maxilla were modeled in order to establish IMF. Occlusion is provided by Temporomandibular joint and teeth. The bite forces were created by defining the locations and forces of the chewing muscles. In our study, measurements were made by Finite Element analysis (FEA) on 3D models in multiple fractured mandibles with parasymphysis and corpus fractures. For fixation IMFSs were used in different locations, numbers, ligation patterns. On the other hand in the control groups same fractures were fixed with 1 or 2 miniplates. These models have been compared both within each other and with IMFSs models.

When our results are reviewed, a more rigid fixation compared to the IMFSs is achieved by miniplates. In posterior fractures, the fixation is more difficult, and the stresses on the screw and wires are increased. In the models with IMFSs, placing a single screw on the fragment between the two fracture lines increases the displacement and disrupts the reduction. However, when the IMFSs are placed on both sides of the two fracture lines, the amount of displacement is reduced. As a result, in a multiple fractured mandible; IMFSs should be placed on both sides of the fracture line.

In models with plate fixation more stress is measured in the inferiorly located single plate compared to the double one. In IMFSs models the stress measured in parasymphysis fracture is lower than that in corpus fractures. However the comparison of the stresses measured in parasymphysis and corpus fractures in miniplate models revealed to be similar. Stresses in the cortical bone are lower than the stresses in the miniplates.

Keywords: fracture, intermaxillary fixation screw, intermaxillary fixation, ligate, mandible, finite element analysis

KAYNAKLAR

- ADEBAYO ET, AJIKE OS, ADEKEYE EO. (2003). Analysis of the pattern of maxillofacial fractures in Kaduna, Nigeria. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **41(6)**: 396–400.
- AIZENBUD D, HAZAN-MOLINA H, EMODI O, RACHMIEL A. (2009). The management of mandibular body fractures in young children. *Dental Traumatology*, **25(6)**:565-70.
- AMARATUNGA NDS. (1987). The relation of age to the immobilization period required for healing of mandibular fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **45(2)**: 111–113.
- ANSARI K, HAMLAR D, HO V, HILGER P, COTE D, AZIZ T. (2011). A Comparison of Anterior vs Posterior Isolated Mandible Fractures Treated With Intermaxillary Fixation Screws. *Arch Facial Plast Surg*, **13(4)**: 266–270.
- EVERY CME., JOHNSON PA. (1992). Surgical glove perforation and maxillofacial trauma: to plate or wire? *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **30(1)**: 31–35.
- BINS A, OOMENS MAE, BOFFANO P, FOROUZANFAR T. (2015). Is there enough evidence to regularly apply bone screws for intermaxillary fixation in mandibular fractures? *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **73(10)**: 1963–1969.
- BISSADA E, ABOU-CHACRA Z, AHMARANI C, POIRIER J, RAHAL A. (2011). Intermaxillary screw fixation in mandibular fracture repair. *Journal of Otolaryngology - Head & Neck Surgery = Le Journal D'oto-Rhino-Laryngologie et de Chirurgie Cervico-Faciale*, **40(3)**: 211–215.
- BOOTH DF. (1981). Control of the proximal segment by lower border wiring in the sagittal split osteotomy. *Journal of Maxillofacial Surgery*, **9(C)**: 126–128.
- BUJTR P, SNDOR GKB, BOJTOS A, SZCS A, BARABS J. (2010). Finite element analysis of the human mandible at 3 different stages of life. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, **110(3)**: 301–309.
- CABRINI GABRIELLI MA, REAL GABRIELLI MF, MARCANTONIO E, HOCHULI-VIEIRA E. (2003). Fixation of mandibular fractures with 2.0-mm miniplates: Review of 191 cases. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **61(4)**: 430–436.
- CALLOWAY DM, ANTON MA, JACOBS JS. (1992). Changing concepts and controversies in the management of mandibular fractures. *Clin Plast Surg*, **19(1)**: 59–69.
- CHACON GE, LARSEN PE. (2004). MAXILLOFACIAL TRAUMA: Principles of Management of Mandibular Fractures. In *Peterson's Principles of Oral & Maxillofacial Surgery* (Vol. 1, pp. 401–433).

- CHANG CL, CHEN CS, HUANG CH., HSU ML. (2012). Finite element analysis of the dental implant using a topology optimization method. *Medical Engineering & Physics*, **34(7)**: 999–1008.
- CHOI BH, HUH JY, YOO JH. (2003). Computed tomographic findings of the fractured mandibular condyle after open reduction. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **32(5)**: 469–473.
- CHUONG R., DONOFF RB, GURALNICK WC. (1983). A retrospective analysis of 327 mandibular fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **41(5)**: 305–309.
- COLETTI DP, SALAMA A, CACCAMESE JF. (2007). Application of Intermaxillary Fixation Screws in Maxillofacial Trauma. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **65(9)**: 1746–1750.
- CORNELIUS CP, EHRENFELD M. (2010). The Use of MMF Screws: Surgical Technique, Indications, Contraindications, and Common Problems in Review of the Literature. *Craniofacial Trauma & Reconstruction*, **3(2)**: 55–80.
- CORNELIUS CP, AUDIGÉ L, KUNZ C, RUDDERMAN R, BUITRAGO-TÉLLEZ CH, FRODEL J, PREIN J. (2014). The comprehensive AOCMF classification system: Mandible fractures- level 2 tutorial. *Craniofacial Trauma and Reconstruction*, **7(3)**: S15–S30.
- COX T, KOHN MW, IMPELLUSO T. (2003). Computerized analysis of resorbable polymer plates and screws for the rigid fixation of mandibular angle fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **61(4)**: 481–487.
- DAL SANTO F, ELLIS E, THROCKMORTON GS. (1992). The effects of zygomatic complex fracture on masseteric muscle force. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **50(8)**: 791–799.
- DONGAS P, HALL GM. (2002). Mandibular fracture patterns in Tasmania, Australia. *Australian Dental Journal*, **47(2)**: 131–7. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2002.tb00316.x>
- FURR AM, SCHWEINFURTH JM, MAY WL. (2006). Factors associated with long-term complications after repair of mandibular fractures. *The Laryngoscope*, **116(3)**: 427–430.
- GENG JP, TAN KBC, LIU GR. (2001). Application of finite element analysis in implant dentistry: A review of the literature. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, **85(6)**: 585–98.
- GIBBONS AJ, BADEN JM, MONAGHAN AM., DHARIWAL DK, HODDER SC. (2003). A drill-free bone screw for intermaxillary fixation in military casualties. *Journal of the Royal Army Medical Corps*, **149(1)**: 30–32.
- GIBBONS AJ, HODDER SC. (2003). A self-drilling intermaxillary fixation screw. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **41(1)**: 48–49.
- GORDON KF, REED JM, ANAND VK. (1995). Results of intraoral cortical bone screw fixation technique for mandibular fractures. *Otolaryngology - Head and Neck Surgery*,

113(3): 248–252.

- HERFORD AS, ELLIS E. (1998). Use of a locking reconstruction bone plate/screw system for mandibular surgery. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, **56(11)**: 1261–5.
- IIDA S, KOGO M, SUGIURA T, MIMA T, MATSUYA T. (2001). Retrospective analysis of 1502 patients with facial fractures. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **30(4)**: 286–90.
- IIZUKA T, LINDQVIST C. (1993). Rigid internal fixation of fractures in the angular region of the mandible: an analysis of factors contributing to different complications. *Plast Reconstr Surg*, **91(2)**: 263–265.
- IMAZAWA T, KOMURO Y, INOUE M, YANAĪ AT. (2006). Mandibular fractures treated with maxillomandibular fixation screws (MMFS method). *Journal of Craniofacial Surgery*, **17(3)**: 544–549.
- INGOLE PD, GARG A, SHENOI SR, BADIJATE SJ, BUDHRAJA N. (2014). Comparison of intermaxillary fixation screw versus eyelet interdental wiring for intermaxillary fixation in minimally displaced mandibular fracture: A randomized clinical study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **72(5)**: 958.e1-958.e7.
- JONES DC. (1999). TECHNICAL NOTE The intermaxillary screw : a dedicated bicortical bone screw for temporary intermaxillary fixation. *Br J Oral Maxillofac Surg*, **37(2)**: 115–116.
- KIM, HS, LEE YK, PARK JY. (2016). Development of FEA procedures for mechanical behaviors of maxilla, teeth and mandible. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, **17(6)**: 785–792.
- KORIOTH TWP, ROMILLY DP, HANNAM AG. (1992). Three-dimensional finite element stress analysis of the dentate human mandible. *American Journal of Physical Anthropology*, **88(1)**: 69–96.
- KOSHY J, FELDMAN E, CHIKE-OBĪ C, BULLOCKS J. (2010). Pearls of Mandibular Trauma Management. *Seminars in Plastic Surgery*, **24(4)**: 357–374.
- LAMPHIER J, ZICCARDI V, RUVO A, JANEL M. (2003). Complications of mandibular fractures in an urban teaching center. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **61(7)**: 745–749.
- LAUGHLIN RM, BLOCK MS, WILK R, MALLOY RB, KENT JN. (2007). Resorbable Plates for the Fixation of Mandibular Fractures: A Prospective Study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **65(1)**: 89–96.
- LAZOW SK. (1996). The mandible fracture: a treatment protocol. *The Journal of Cranio-Maxillofacial Trauma*, **2(2)**: 24–30.
- MATHOG RH, TOMA V, CLAYMAN L, WOLF S. (2000). Nonunion of the mandible: An analysis of contributing factors. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **58(7)**: 746–752.

- MCGINN JD, FEDOK FG. (2008). Techniques of maxillary-mandibular fixation. *Operative Techniques in Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, **19(2)**: 117–122.
- MORENO JC, FERNÁNDEZ A, ORTIZ J, MONTALVO JJ. (2000). Complication rates associated with different treatments for mandibular fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, **58**: 273-280-281.
- OGUNDARE BO, BONNICK A, BAYLEY N. (2003). Pattern of mandibular fractures in an urban major trauma center. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **61(6)**: 713–718.
- OIKARINEN K, THALIB L, SANDOR GK, SCHUTZ P, CLOKIE CML, SAFAR S, PERHEENTUPA U. (2005). Differences in the location and multiplicity of mandibular fractures in Kuwait, Canada and Finland during the 1990s. *Medical Principles and Practice*, **14(1)**: 10–15.
- OLSON R, FONSECA RJ, ZEITLER DL, OSBON DB. (1982). Fractures of the mandible: a review of 580 cases. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, **40(1)**: 23–28.
- PASSERI L, ELLIS E, SINN DP. (1993). Complications of nonrigid fixation of mandibular angle fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, **51(3)**: 382–384.
- PATROCÍNIO LG, PATROCÍNIO JA., BORBA BHC, BONATTI BDS, PINTO LF, VIEIRA JV, COSTA JMC. (2005). Fratura de mandíbula: análise de 293 pacientes tratados no Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, **71(5)**: 560–565.
- POESCHL PW, PLODER O, SEEMANN R, POESCHL E. (2008). Maxillomandibular Fixation Using Intraoral Cortical Bone Screws and Specially Designed Metal Hooks (Ottenhaken) in the Conservative Treatment of Mandibular Fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **66(2)**: 336–341.
- RAI A, DATARKAR A, BORLE RM. (2011). Are maxillomandibular fixation screws a better option than erich arch bars in achieving maxillomandibular fixation? A randomized clinical study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **69(12)**: 3015–3018.
- RAVEH J, VUILLEMÍN T, LÄDRACH K, ROUX M, SUTTER F. (1987). Plate osteosynthesis of 367 mandibular fractures. The unrestricted indication for the intraoral approach. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, **15(C)**: 244–253.
- RIEGER MR, MAYBERRY M, BROSE MO. (1990). Finite element analysis of six endosseous implants. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, **63(6)**: 671–676.
- ROCCIA F, TAVOLACCINI A, DELL'ACQUA A, FASOLIS M. (2005). An audit of mandibular fractures treated by intermaxillary fixation using intraoral cortical bone screws. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, **33(4)**: 251–254.
- SAKR K, FARAG IA, ZEITOUN IM. (2006). Review of 509 mandibular fractures treated at the University Hospital, Alexandria, Egypt. *British Journal of Oral and*

Maxillofacial Surgery, **44(2)**: 107-11.

- SERENA-GOMEZ E, PASSERÌ LA. (2008). Complications of Mandible Fractures Related to Substance Abuse. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **66(10)**: 2028–2034.
- SİMSEK S, SİMSEK B, ABUBAKER AO, LASKIN DM. (2007). A comparative study of mandibular fractures in the United States and Turkey. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **36(5)**: 395–397.
- SMARTT JM, LOW DW, BARTLETT SP. (2005). The pediatric mandible: II. Management of traumatic injury or fracture. *Plastic and Reconstructive Surgery*, **116(2)**: 28e–41e.
- SMITH AT. (1993). The use of orthodontic chain elastic for temporary intermaxillary fixation. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **31(4)**, 250–251.
- SMITH GC, MOLONEY FB, WEST RA. (1985). Mandibular advancement surgery. A study of the lower border wiring technique for osteosynthesis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, **60(5)**: 467–475.
- SØBALLE K. (1993). Hydroxyapatite ceramic coating for bone implant fixation. *Acta Orthopaedica Scandinavica Supplementum*, **255(255)**: 1–58.
- STACEY DH, DOYLE JF, MOUNT DL, SNYDER MC, GUTOWSKI K. (2006). Management of mandible fractures. *Plastic and Reconstructive Surgery*, **117(3)**: 48e–60e.
- TAKENOSHITA Y., ISHIBASHI H, OKA M. (1990). Comparison of functional recovery after nonsurgical and surgical treatment of condylar fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, **48(11)**: 1191–1195.
- TATE GS, ELLIS E, THROCKMORTON G. (1994). Bite forces in patients treated for mandibular angle fractures: Implications for fixation recommendations. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **52(7)**: 734–736.
- THAPLIYAL GK, SINHA R, MENON PS, CHAKRANARAYAN A. (2008). Management of mandibular fractures. *Medical Journal Armed Forces India*, **64(3)**: 218–220.
- SINGH V, PURI P, ARYA S, MALIK S, BHAGOL A. (2012). Conventional versus 3-dimensional miniplate in management of mandibular fracture: a prospective randomized study. In *Otolaryngology--head and neck surgery*, **147**: 450–455.
- VARTANIAN AJ, ALVI A. (2000). Bone-screw mandible fixation: an intraoperative alternative to arch bars. *Otolaryngol Head Neck Surg*, **123(6)**: 718–721.
- VÁZQUEZ-MORALES DE, DYALRAM-SILVERBERG D, LAZOW SK, BERGER JR. (2013). Treatment of mandible fractures using resorbable plates with a mean of 3 weeks maxillomandibular fixation: A prospective study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, **115(1)**: 25–28.
- VENUGOPAL MG, SINHA R, MENON PS, CHATTOPADHYAY PK, CHOWDHURY SKR. (2010). Fractures in the maxillofacial region: A four year retrospective study. *Medical Journal Armed Forces India*, **66(1)**: 14–17.

WEST GH, ALAN GRIGGS J, CHANDRAN R, VINCENT PRECHEUR H, BUCHANAN W, CALOSS R. (2014). Treatment outcomes with the use of maxillomandibular fixation screws in the management of mandible fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **72(1)**: 112–120.

ZHANG Y, AHN PB, FITZPATRICK DC, HEINER AD, POGGIE RA, BROWN TD. (1999). Interfacial frictional behavior: cancellous bone, cortical bone, and a novel porous tantalum biomaterial. *Journal of Musculoskeletal Research*, **3(4)**: 245–251.



ÖZGEÇMİŞ

1. Kişisel bilgiler

Adı ve Soyadı : Aytaç GÜRSEL
Doğum yeri ve tarihi : 12.11.1986
Uyruğu : Türkiye
Medeni durumu : Bekar
Askerlik durumu : Bedelli
İletişim adresi : Yalı Mah. 17 sok. No.9 D.3 Mudanya/BURSA
Telefon : 05355941330

2. Eğitimi

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş Çene Hastalıkları ve Cerrahisi
A.B.D. Doktora programı (2011)
Hacettepe Diş Hekimliği Fakültesi (2005-2010)
Bursa Anadolu Lisesi (2001-2005)
Bursa Özel İnal Ertekin İlköğretim Okulu (1993-2001)

3. Yabancı dili

İngilizce

4. Ünvanları

Diş hekimi (2010)

5. Mesleki Deneyimi

2011 şubat ayında Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinde Ağız Diş Çene Hastalıkları ve Cerrahisi ABD’de doktora eğitimine başladım.

6. Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar

Ağız ve Çene-Yüz Cerrahisi Birliği Derneği (ACBİD)
Türk Oral ve Maksillofasiyal Cerrahi Derneği (TAOMS)

7. Bilimsel ilgi Alanları

Ağız Diş Çene Hastalıkları ve Cerrahisi
İmplantoloji

8. Yayınları

Tekrarlanan Sinus Kaldırma ve Greftleme İşleminde Simültane İmplantasyon, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Dergisinde yayına kabul edilmiştir. (2018)

“Finite Element Analysis Of The Internal Fixation Of Mandibular Fractures”, poster sunumu, Diş Hekimliğinde Dijital Dönüşüm Kongresi 2017

9. Bilimsel Etkinlikleri

Ödüller: Diş Hekimliğinde Dijital Dönüşüm Kongresi'nde (2017) “Finite Element Analysis Of The Internal Fixation Of Mandibular Fractures” isimli poster sunumum 1.lik ödülü almıştır.