



T.C.

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**ÇOK PARÇALI VE TEK PARÇALI LE FORT I
OSTEOTOMİLERİNDE ÜÇ FARKLI İNTERMAKSİLLER
FİKSASYON YÖNTEMİNİN BİYOMEKANİK ETKİLERİNİN
SONLU ELEMANLAR ANALİZİ İLE İNCELENMESİ**

TANSU ÜZEL

AĞIZ, DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Dr. Öğretim Üyesi ZEYNEP ÇUKUROVA YILMAZ

İSTANBUL-2023

TEZ ONAY FORMU

Kurum : İstanbul Medipol Üniversitesi
Programın Seviyesi : Yüksek Lisans () Doktora (X)
Anabilim Dalı : Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi
Tez Sahibi : Tansu ÜZEL
Tez Başlığı : Parçalı Lefort I Osteotomisinde İki Farklı İntermaksiller
Fiksasyon Yönteminin Biyomekanik Etkilerinin Sonlu
Elemanlar Analizi İle İncelenmesi
Sınav Yeri : İstanbul Medipol Üniversitesi Unkapanı Yerleşkesi
Sınav Tarihi : 26.07.2023

Tez tarafımızdan okunmuş, kapsam ve nitelik yönünden Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Kurumu

İmza

Dr.Öğr.Üyesi Zeynep ÇUKUROVA YILMAZ

Sınav Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Barış Çağrı DELİLBAŞI İstanbul Medipol Üniversitesi

Dr.Öğr.Üyesi Serap GÜLSEVER İstanbul Medipol Üniversitesi

Dr.Öğr.Üyesi Abdullah ÖZEL İstanbul Medipol Üniversitesi

Dr.Öğr.Üyesi Mustafa DEDEOĞLU Yeditepe Üniversitesi

Yukarıdaki jüri kararıyla kabul edilen bu Doktora Tezi, Enstitü Yönetim Kurulu'nun
...../...../ tarih ve/..... - sayılı kararı ile şekil
yönünden Tez Yazım Kılavuzuna uygun olduğu onaylanmıştır.

Prof.Dr. Neslin EMEKLİ

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içerisinde elde ettiğimi, bu tez çalışması ile elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Faylim Tansu Üzel

TEŞEKKÜR

Doktora tezim boyunca emeğini eksik etmeyen, destek olan, işindeki titizliği ile bu süreci çok öğrenerek tamamlamamı sağlayan ve yanımda olan değerli tez danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi **Zeynep Çukurova YILMAZ**'a,

Cerrahi alanda bildiğim çoğu şeyi bana öğretmiş olan, mesleki hayatımda üzerimde çok büyük emeği olan, akademisyenliği ile hepimize örnek olmuş olan, bizlere yeni teknikleri katmakta her zaman öncülük eden ve doktora tezim boyunca çok büyük emeği olan, yalnızca hocalık değil, aynı zamanda abilik de yaparak, sabırla öğreten değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi **Abdullah ÖZEL**'e,

Çok önemli vakalarda, büyük ameliyatlara katılmama olanak sağlayarak, cerrahi olarak kendimi geliştirmemde büyük katkıları olan hocamlarım; Prof. Dr. **İbrahim Sina UÇKAN**'a, Prof. Dr. **Selçuk BASA**'ya, Doç. Dr. **Celal ÇANDIRLI**'ya,

İhtiyacım olan zamanlarda desteğini esirgemeyen değerli hocalarım, Prof. Dr. **Alper ALKAN**'a ve Prof. Dr. **Doğan DOLANMAZ**'a,

Değerli bölüm başkanı hocamız, Prof. Dr. **Barış Çağrı DELİLBAŞI**'na,

Yine üzerimde emeği ve desteği olan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi **Gamze ŞENOL**'a,

Tüm bu süreci sağlıklı geçirmemi sağlayan değerli dostum **Aydan BOZKURT** 'a,

Tüm doktora sürecimin stresini benimle yaşayan, her zaman destek olan, bugünkü kimliğimin üzerinde etkisi ve emeği bulunan sevgili annem **Ezime AKOĞLU**'na ve ablam **Cansu UZEL**'e,

TEŞEKKÜR EDERİM

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY FORMU.....	i
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI	ii
TEŞEKKÜR	iii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
1.ÖZET	1
2.ABSTRACT.....	1
3.GİRİŞ VE AMAÇ	3
4.GENEL BİLGİLER.....	6
4.1. Le Fort I Osteotomisinin Tarihçesi	6
4.1.1. Le Fort I osteotomi tekniği	6
4.2. Çok Parçalı Le Fort I Osteotomisinin Tarihçesi	7
4.2.1. Çok Parçalı Le Fort I Osteotomi Tekniği	7
4.3. Ortognatik Cerrahide İntermkasiller Fiksasyon Teknikleri	8
4.3.1. Erich arch bar ile İMF tekniği.....	8
4.3.2.İntermaksiller fiksasyon vidaları ile İMF tekniği	8
4.3.3. Embraşür telleme ya da intradental telleme tekniği ile İMF	9
4.3.4. Braket destekli tel ile İMF tekniği ve ivy loop	9
4.3.5. İMF vidası ile erich arch bar kombine İMF tekniği (modifiye teknik)	9
4.3.6. Ernst ligatürü ile İMF tekniği	9
4.4. Sonlu Elemanlar Analizinin Kullanım Alanları ve Limitasyonları	10
5.MATERYAL VE METOT.....	11
6.BULGULAR.....	25
7.TARTIŞMA.....	33
8.SONUÇ	39

9.KAYNAKLAR	40
10.ÖZGEÇMİŞ.....	49



KISALTMALAR LİSTESİ

EAB: Erich Arch Bar

DOF: Degree of freedom

İMF: İntermaksiller Fiksasyon

İMFV: İntermaksiller Fiksasyon Vidası

N: Newton

SEA: Sonlu Elemanlar Analizi

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 5.1. Üç farklı çok parçalı Le Fort I ve klasik Le Fort I modellerinde uygulanan üç farklı İMF senaryolarını içeren matematiksel modellerde kullanılan eleman ve düğüm sayıları.....15

Tablo 6.1. Mandibulada her bir dişte üç ayrı İMF tekniğinin kıyaslanması.....26

Tablo 6.2. Maksillada her bir dişte üç ayrı İMF tekniğinin kıyaslanması.....27

Tablo 6.3. Maksilla ve mandibulanın insizal, preomolar ve molar bölgelerdeki üç ayrı İMF tekniğinin kıyaslanması.....28

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 5.1. Kesici lateral-kanin dişler arası osteotomize edilen çok parçalı Le Fort I osteotomi tasarımı.....	20
Şekil 5.2. Kanin-premolar dişler arası osteotomize edilen çok parçalı Le Fort I osteotomi tasarımı.....	20
Şekil 5.3. Kesici santral-santral dişler arası osteotomize edilen çok parçalı Le Fort I osteotomi tasarımı.....	21
Şekil 5.4. Diş destekli intermaksiller fiksasyon yönteminde anterior bölgedeki fiksasyon noktaları ve bağlantılarının konumlandırılması.....	21
Şekil 5.5. Diş destekli intermaksiller fiksasyon yönteminde posterior bölgedeki fiksasyon noktaları ve bağlantılarının konumlandırılması.....	22
Şekil 5.6. Hibrit intermaksiller fiksasyon yönteminde posterior bölgedeki fiksasyon noktaları ve bağlantılarının konumlandırılması.....	22
Şekil 5.7. Hibrit intermaksiller fiksasyon yönteminde anterior bölgedeki fiksasyon noktaları ve bağlantılarının konumlandırılması.....	23
Şekil 5.8. Osteotomi hattının 11-21 nolu dişler arasında olduğu çok parçalı Le Fort I osteotomi modeli senaryosundaki anterior fiksasyon noktaları ve bağlantılarının konumlandırılması.....	23

Şekil 5.9. Kemik destekli intermaksiller fiksasyon yönteminde anterior ve posteriordaki fiksasyon noktaları ve bağlantılarının konumlandırılması.....24

Şekil 5.10. Her bir çok parçalı ve tek parçalı Le Fort I modeline İMF sırasında uygulanan kuvvet vektörlerinin yönü.....24

Şekil 6.1. Kesici santral-santral arası çok parçalı Le Fort I modelinin maksilla ve mandibulada, SEA ile diş destekli İMF tekniği (1), hibrit İMF tekniği (2) ve kemik destekli İMF tekniği (3) için ayrı ayrı üst ve alt çenelerin oklüzal temaslarındaki stres birikimlerinin SEA sonuçları.....29

Şekil 6.2. Kesici lateral-kanin arası çok parçalı Le Fort I modelinin maksilla ve mandibulada, SEA ile diş destekli İMF tekniği (1), hibrit İMF tekniği (2) ve kemik destekli İMF tekniği (3) için ayrı ayrı üst ve alt çenelerin oklüzal temaslarındaki stres birikimlerinin sonlu eleman analizini sonuçları.....30

Şekil 6.3. Kanin-premolar arası çok parçalı Le Fort I modelinin maksilla ve mandibulada, SEA ile diş destekli İMF tekniği (1), hibrit İMF tekniği (2) ve kemik destekli İMF tekniği (3) için ayrı ayrı üst ve alt çenelerin oklüzal temaslarındaki stres birikimlerinin sonlu eleman analizini sonuçları.....31

Şekil 6.4. Tek parça Le Fort I modelinin maksilla ve mandibulada, SEA ile diş destekli İMF tekniği (1), hibrit İMF tekniği (2) ve kemik destekli İMF tekniği (3) için ayrı ayrı üst ve alt çenelerin oklüzal temaslarındaki stres birikimlerinin sonlu eleman analizini sonuçları.....32

1. ÖZET

ÇOK PARÇALI VE TEK PARÇALI LE FORT I OSTEOTOMİLERİNDE ÜÇ FARKLI İNTERMAKSİLLER FİKSASYON YÖNTEMİNİN BİYOMEKANİK ETKİLERİNİN SONLU ELEMANLAR ANALİZİ İLE İNCELENMESİ

Ortognatik cerrahide uzun dönemli stabilite, iyi bir postoperatif oklüzyon ilişkisine bağlıdır. Çok parçalı Le Fort I osteotomisinde mobilize segmentlerin doğru pozisyonda ve preoperatif plana uygun şekilde intermaksiller fiksasyonunu (İMF) elde etmek zordur. Burada, 3 adet çok parçalı (santral-santral, kesici lateral-kanin ve kanin-premolar arası çok parçalı Le Fort I) ve 1 adet tek parça Le Fort I modellerinin oklüzal yüzeyleri üzerinde üç farklı İMF tekniğini (diş destekli, kemik destekli ve hibrit İMF), Sonlu Elemanlar Analizinden (SEA) yararlanarak değerlendirmeyi amaçladık. İlgili yazılım kullanılarak tasarlanan üç farklı çok parçalı Le Fort I modeline ve tek parça Le Fort I modeline ayrı ayrı üç farklı İMF tekniği uygulanmıştır ve simülasyon ile alt ve üst çene modelleri planlanan oklüzyona getirildi. Her bir modele, oluşan stres dağılımlarını belirlenmek amacıyla 100 N, 300 N ve 800 N'daki oklüzal yükler uygulanmıştır. Maksilla ve mandibulada fiksasyon sırasında oluşan kuvvetler, bu kuvvetlerin oklüzyondaki kuvvet dağılımına etkisi ve bu bölgelerde oluşan gerilmeler Algor Fempro ve Rhinoceros yazılımı ile tespit edilerek ideal fiksasyon yöntemi belirlendi. Elde edilen veriler gerçek cerrahi senaryonun avantaj ve dezavantajlarına göre yorumlandı ve değerlendirildi. İncelenen dört modelin tamamında hibrit İMF tekniği, ideal İMF tekniği olarak bulunmuş, bunu diş destekli ve kemik destekli İMF teknikleri izlemiştir. SEA, klinik yöntemlerin elde edemediği tekil parametrelerin manipüle edilmesine izin vererek her birinin ayrı ayrı incelenmesine olanak tanır. Bu bulguları doğrulamak için daha ileri klinik deneyler gereklidir.

Anahtar Kelimeler: Çok Parçalı Le Fort I Osteotomisi, İntermaksiller Fiksasyon, Maksillofasiyal Cerrahi, Ortognatik Cerrahi, Sonlu Elemanlar Analizi

Çalışmamızda üç boyutlu modelleme ve SEA için, Ay Tasarım Limited Şirketi'nden destek alınmıştır. Çalışmanın bütçesi İstanbul Medipol Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP)'nin 2021/14 nolu proje desteğinden yararlanılarak karşılanmıştır.

2. ABSTRACT

EVALUATION OF INTERMAXILLARY FIXATION TECHNIQUES FOR MULTI-PIECE LE FORT I OSTEOTOMIES USING FINITE ELEMENT ANALYSIS

A strong postoperative occlusal relationship is essential for the long-term stability of the jaw relations post orthognathic surgery. In multi-piece Le Fort I osteotomy, obtaining a satisfactory inter-maxillary fixation (IMF) of the mobilized segments in the correct position and according to the preoperative plan is difficult. Herein, we aimed to evaluate three different IMF techniques (tooth-supported, bone-supported, or hybrid IMF) using finite element analysis of the occlusal surfaces of four models: three multi-piece (lateral incisor-canine, central incisor-central incisor, and canine-first premolar) and a single one-piece Le Fort I osteotomy scenario. Three different IMF techniques were applied separately to three different multi-piece models and a single one-piece Le Fort I model designed using related software. Simulation brought the lower and upper jaw models to the planned occlusion. Each model's occlusal force was applied to determine their distributions under 100 N, 300 N, and 800 N loads. Forces on the maxilla and mandible during fixation, the effect of these forces on the force distribution in the occlusion, and the accumulated stresses in these regions were determined with Algor Fempro and Rhinoceros software to determine the ideal fixation method. Data obtained were interpreted and evaluated according to the advantages and disadvantages of the actual surgical scenario. In all four models studied, the hybrid IMF technique was found to be the ideal IMF technique, followed by the teeth-supported and bone-supported IMF techniques. FEA allows the manipulation of single parameters, which clinical methods cannot obtain, thereby allowing each to be examined separately. Further clinical trials are required to validate these findings.

Keywords: Finite Element Analysis, Intermaxillary Fixation, Multi-piece Le Fort I Osteotomy, Maxillofacial Surgery, Orthognathic Surgery

3. GİRİŞ VE AMAÇ

Genellikle transvers yetmezlik veya fazlalığın, asimetrinin, transvers ve vertikal deformitelerin ve oklüzyon eğrisinin düzeltilmesinde tercih edilen çok parçalı Le Fort I osteotomisinde, cerrahi işlem sırasındaki en büyük problem, hareketli segmentlerin uygun pozisyonda ve ameliyat öncesi planlamaya uygun bir şekilde intermaksiller fiksasyonunun gerçekleştirilememesidir [1, 2]. J. Meewis ve arkadaşlarının 2017’de yaptıkları çalışmanın sonucu, çok parçalı Le Fort I osteotomisinde ameliyat sırasında yapılan klasik yöntem intermaksiller fiksasyonu sonrası postoperatif dönemde elde edilen oklüzyon ile ameliyat öncesi planlamalar arasında sapmalar tespit etmişlerdir ve bu da ilgili problemi literatürle destekler niteliktedir [3].

Ameliyat öncesi interdijitasyonu cerrahi operasyona transfer edebilmek amacıyla, geleneksel cerrahi splintlerden yararlanılmaktadır. Geleneksel yöntemde splint fabrikasyonu için, alt ve üst çene modellerine ve üst çenenin uzaydaki konumunu tespit edebilmek için yüz arkı kaydı ile maksilla ve mandibula modellerinin artikülatöre alınmasına ihtiyaç vardır [4]. Ancak literatürde geleneksel yöntemle yapılan splintlerde, ameliyat öncesi yapılan planlama ile postoperatif sonuçlar arasında farklılıklar olduğunu bildiren çalışmalar vardır. Bu farklılıklar kullanılan yüz arkının cinsine, yüz arkı kayıtları ile alt ve üst çene modellerinin artikülasyona alınması sırasında meydana gelen hatalardan kaynaklanabilmektedir [5, 6].

Günümüzde bu splintler geleneksel yöntemle göre daha avantajlı olarak, bilgisayar ortamında Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM) tekniği ile yüksek doğrulukta üretilebilmektedir [7, 8, 9, 10, 11, 12]. Splint üretiminde doğruluk ve hassasiyeti arttıran tüm bu gelişmelere rağmen, mevcut dişler oluşturulan bu splinte uygun pozisyonda fiks edilemediği durumlarda segmentlerin malpozisyonu nedeniyle istenen final oklüzyon elde edilemeyebilmektedir.

Tek parçalı Le Fort I cerrahisinde stabil bir oklüzyon elde edilebilmesiyle, bu osteotominin dinamikleri gereği bir sorun yaşanmamaktadır. Fakat çok parçalı Le Fort I osteotomisinde ortodontik olarak stabil bir oklüzyon dahi olsa her 3 dişli segment parçasının dinamikleri kendi içinde bağımsızdır ve bu durum dişler üzerindeki crimpable hooklardan destek alınan İMF yöntemleriyle tam bir oklüzyon elde edilmesini zorlaştırmaktadır.

Ortognatik cerrahide uzun dönemli stabilite, iyi bir mini plak fiksasyonuna ve iyi bir postoperatif oklüzyon ilişkisine bağlıdır. İdeal ve planlanan oklüzyonu sağlamak için ise iyi bir splint fabrikasyonuna ve fabrike edilen bu splinte, cerrahi operasyon sırasında dişlerin her yüzeyde bire bir oturtulmasına ihtiyaç vardır. Le Fort I cerrahisi tek parça olarak gerçekleştirildiğinde ve sonrasında İMF ile alt çene dişleri ile üst çene dişleri oklüzyona getirildiğinde, eğer splint uyumunda fabrikasyon sırasında bir hata olmamış ise, bire bir diş ve splint uyumu sağlanması kolaydır. Çünkü maksiller kemik ve dişler bir bütün olduğu için İMF yöntemleri ile uygulanan kuvvet eşit olarak dişlere ve splinte dağılacaktır. Böylece dişler ve splint arasında tam bir oturum sağlanacaktır. Fakat çok parçalı Le Fort I Osteotomisi'nde ortodontik olarak stabil bir oklüzyon dahi olsa her dişli segment kemik parçasının (cerrahi tekniğe göre iki ya da üç segment) dinamikleri kendi içinde bağımsızdır ve bu durum ortognatik cerrahide İMF yöntemi olarak dişlere yerleştirilen crimpable hooklardan destek alınan klasik yöntemle tam bir oklüzyon elde edilmesini zorlaştırmaktadır. Bu yöntemde karşıt ark dişlerinden destek alınarak yapılan İMF esnasında segmente maksiller kemik fragmanları vestibül yönde rotasyona zorlanacaktır ve bu durum da maksiller ve mandibular dişlerin palatinal/lingual kaslarının birbirinden uzaklaşmasına neden olacaktır. Diğer bir yaygın teknik ise dişlerden hiçbir destek almayıp, tamamen kemikten destek alınarak uygulanan intermaksiller fiksasyondur. Literatürde kemik ankarajının dişsel elde edilen ankrajdan daha stabil olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır [13, 14, 15]. Bu amaçla maksiller ve mandibular kemiklerde uygun bölgelere yerleştirilecek olan intermaksiller fiksasyon vidaları (İMFV) ile çeneler ve dişler arası ilişki sağlanabilmektedir. Fakat crimpable hook ile uygulanan teknikle benzer şekilde bir mekanik gelişecek ve lingual/palatinalde bulunan dişlerde tam bir oklüzyon oluşmayacaktır. Biz çalışmamızda her iki yöntemin bir kombinasyonu olan hibrit

yaklaşımı değerlendirmeye aldık ve tüm kasların eşit ve planlandığı haliyle cerrahi splinte ve birbirleriyle kapanışa gelip gelmediğini test ettik. Böylece ortognatik cerrahi sonrası çok parçalı Le Fort I cerrahisi uygulanan vakalarda en ideal kapanışın elde edilmesine katkıda bulunarak, postoperatif stabiliteye ve maksimum interkuspidasyona katkıda bulunmaya hem de postoperatif ortodonti ihtiyacını minimuma indirmeyi planladık.

Tasarlanan üç farklı çok parçalı Le Fort I modeline ilgili yazılım aracılığıyla üç farklı intermaksiller fiksasyon tekniği ayrı ayrı uygulanarak, alt ve üst çene modelleri planlanan oklüzyona simülasyonla getirildi. Son olarak Algor yazılımı ile üç farklı tekniğin SEA ile değerlendirilmesi yapıldı. Böylece üç farklı osteotomi tasarımının diş destekli, kemik destekli ya da önerdiğimiz hibrit İMF tekniği altındaki oklüzal yüzeylerde ve splint üzerinde oluşan dinamikleri değerlendirildi.

Bu çalışmada, çok parçalı olarak yapılacak olan maksiller osteotomiler sonrası stabilizasyon yöntemine ve maksiller segmentasyon paternine göre dişlerin oklüzal yüzeyleri ve splint üzerindeki maksimum stres alanları değerlendirildi ve bu senaryolar sonucunda dişlerin karşılıklı ilişkilerinde ve splintle meydana gelebilecek temas ya da temassızlık bölgeleri belirlenerek postoperatif dönemde oluşabilecek stabilite ve relaps problemlerini belirlemek amaçlandı.

4. GENEL BİLGİLER

4.1. Le Fort I Osteotomisinin Tarihçesi

Le Fort I osteotomisi dentofasiyal deformitelerin tedavi edilmesinde sık kullanılan bir tedavi yöntemidir. Genellikle transvers yetmezlik veya fazlalığın, asimetrinin, vertikal deformitelerin ve oklüzyon eğrisinin düzeltilmesinde kullanılmaktadır. Le Fort I ameliyatının ilk tanımlanması, 1864'te Cheever tarafından bir nazofaringeal tümörün rezeksiyonu ile yapılmıştır. Le Fort I osteotomisi, ismini orijinal olarak 1901'de Rene LeFort tarafından tarif edilen, nazal septumdan diş apeksleri boyunca ve pterygomaksiller bileşke boyunca uzanan kırık modelinden almıştır. Prosedür ilk olarak 1921'de Herman Wassmund'un osteotomi ve postoperatif ortopedik traksiyondan sonra maksillayı yeniden konumlandığı zaman dentofasiyal deformiteleri düzeltmek için kullanıldı. 1934'te Axhausen, açık bir kapanışı düzeltmek için osteotomize edilmiş maksillayı intraoperatif olarak mobilize etmiştir. Günümüzde kullanılan modern Le Fort I osteotomisi, Obwegeser tarafından 1969 yılında yayınlamıştır. Josef Kufner, Bennett ve Wolford, çeşitli modifikasyonlar geliştirerek bu cerrahi tekniği daha da geliştirmiştir [16, 17, 18].

4.1.1. Le Fort I osteotomi tekniği

Mukozal insizyon, 14-24 nolu dişler arasında mukogingival hattın en az 5mm süperiorundan yapılır. Apertura piriformis, inferior orbital foramen, maksillanın lateral duvarı ve zigomatikomaksiller buttress subperiostal olarak diseke edilerek, açığa çıkarılır. Pterigomaksiller suturen ekspozite edilebilmesi için tünel şeklinde künt diseksiyon posteriora doğru ilerletilir. Rekraktör yardımı ile bölge rahatlatılır. Anterior nazal spina diseksiyon ile ekspozite edildikten sonra künt diseksiyon ile nazal taban ve lateral nazal duvarın medial mukozasının elevasyonu yapılır.

Testere yardımı ile maksilla tüberin posteriorundan apertura piriformise doğru horizontal osteotomi hattı oluşturulur. Vomer osteotomu ile nazal septum ve vomer, maksillanın nazal kretinden ayrılır. Eğimli pterygoid osteotomu yardımı ile pterigomaksiller suture osteotomisi yapılır. Osteotom; maksilla tüber bölgesinin posteriorunda, pterigoid plakların anteriorunda ve açısı anterior-inferior yönde olacak şekilde yerleştirilir. Lateral nazal duvar osteotomisi, olası bir palatina

descendens arter hasarı riskine karşı en sona bırakılır. Tek tarafı korumalı lateral nazal osteotomi ile osteotomi tamamlanır.

Tüm maksiller osteotomilerin tamamlanmasını takiben maksillada downfracture yapılır. Planlanan harekete göre gerekli osteotomiler tamamlanır ve maksilla planlanan yeni konumuna alınarak 2mm kalınlığındaki mini plak ve vida sistemi ile tespit edilir [19, 20].

4.2. Çok Parçalı Le Fort I Osteotomisinin Tarihçesi

Tek parça Le Fort I osteotomisi, dentofasiyal deformitelerde sagittal ve vertikal yönde gerekli maksilla hareketinin yapılabilmesine olanak sağlayan cerrahi bir tekniktir. Ancak transversal alandaki deformitelerin tedavilerin yapılabilmesi için çok parçalı Lefort I osteotomilerinden yararlanmamız gerekmektedir [21]. Bu teknik ilk olarak Cohn-Stock'un, 1921'de anterior segmental maksiller osteotomiyi tanımlaması ile ortaya çıkmıştır. Bu cerrahi yaklaşımda zamanla yapılan değişimler ile yeni osteotomi modelleri ortaya çıkmıştır [22, 23, 24, 25]. Reyneke [26] ve Wolford [27] bu teknikten alıntılar yapmıştır ve interkanin genişliğinin ayarlanabilmesi, Spee ve Wilson eğrilerinin ayarlanabilmesi, kesici dişlerdeki bukkolingual açılanmanın kontrolünün sağlanabilmesi ve postoperatif aşamada daha az ortodontik mekaniğe gereksinimin azaltılabilmesi gibi avantajları vurgulamışlardır. 1980'lerdeki bu gelişmelerin bir sonucu olarak, farklı osteotomi tiplerinin esnekliğinin artması, ortodonti ve ortognatik cerrahideki ilerlemeler ile segmental Le Fort I osteotomi tekniği, dentofasiyal deformitelerin üç boyutta düzeltilmesi için standart bir prosedür haline gelmiştir [28, 29].

4.2.1. Çok parçalı Le Fort I osteotomi tekniği

Maksiller osteotomi konvansiyonel bir şekilde gerçekleştirilir, ancak parmak basısı yardımıyla, downfracture manevrasıyla maksillanın aşağı indirilmesinden önce, dikey interdental osteotomiler önceden belirlenmiş pozisyonlarda, çoğunlukla köpek dişi ve birinci küçük azı dişi arasında yapılır. Osteotomiler küçük bir Lindemann frezi kullanılarak, korteksin delinmesinden sonra ince kemik kesikleri ile gerçekleştirilir. Bununla birlikte, maksilla mobilizasyonu tamamlanana kadar palatal korteks yoluyla osteotomi tamamlanmaz.

Maksillaya downfracture manevrası yapılmasından ve mobilizasyonundan sonra, interdental osteotomiler, nazal taraftan palatal kemik yoluyla, palatinal mukozaya kadar enine bir osteotomi ile birleştirilir. Maksillayı transversal olarak genişletebilmek için, gerekirse septuma paralel birkaç yatay osteotomi de yapılabilir. Bu konseptte göre, gerekli görülürse, maksillada yaptığımız kesilerle, sabitlenen iki ila yedi arasında hareketli segment elde edebiliriz.

Bu prosedür ayrıca maksiller diş arkının yatay olarak düzeltilmesine de izin verir [30].

4.3. Ortognatik Cerrahide İMF Teknikleri

4.3.1. Erich arch bar (EAB) ile İMF tekniği

Erich arch barlar I. Dünya Savaşı'ndan beri kullanılan bir tekniktir [31]. Bu yöntemin mucitleri, Almanya'da Sauer [31] ve Amerika Birleşik Devletleri'nde Gilmer [32]'dir. 1951'de Blair ve Ivy [33], dişlere daha iyi uyum ve stabilite sağlamak için EAB üzerinde modifikasyon yapmışlardır. O zamandan bu zamana EAB'de çok az değişiklik olmuştur. Bu tekniğin güvenilirliğine rağmen, bu tedavi yöntemiyle ilgili hala çok sayıda sorun vardır. Bu teknikte, kırığın lokalizasyonu ne olursa olsun, uygulama yapılabilmesi için her bölgeye anestezi yapmak gerekmektedir. Uygulanabilirliği kolay olmadığı için, işlem süresinin uzamasına neden olmaktadır. Diş etlerinde yaralanma yapabilmektedir, bu nedenle diş eti sağlığı için ideal bir İMF tekniği değildir. Uygulayıcı hekimler için iğne batması yaralanma riski yüksektir ve hastalık bulaşı riskini arttıran bir tekniktir [33]. Bu tekniğin dezavantajlarının azaltılabilmesi için zamanla yeni teknikler bulunmaya çalışılmıştır. Bunlardan bazıları hibrit arch barlar, direkt bonding uygulanan arch barlar, İMF vidaları vb.dir.

4.3.2. İntermaksiller fiksasyon vidaları ile İMF tekniği

EAB ve braket destekli İMF tekniklerine alternatif olarak, 1989'da Arthur ve Bernardo tarafından İMFV tanımlanmıştır [34]. Bu teknikte, iğne batması yaralanmaları, uzayan operasyon süreleri ve intermaksiller fiksasyon uygulamalarının zorlukları azaltılmaya çalışılmıştır. İMFV sistemi; dişsiz hastalar için, köprü veya kronu bulunan hastalar için ideal bir çözüm olarak tercih edilmektedir. Uygulama sırasında gingival insizyon gerektirmemektedir, tek bir

İMFV bütün bir kadran için genellikle yeterli olmaktadır. Trans-mukozal bölgeye diş köklerine gelmeyecek şekilde uygulanmaktadır, dişeti sağlığını EAB'ye göre daha iyi koruyan bir tekniktir ve ağrısız olarak, kolaylıkla çıkarılabilmektedir [35]. Günümüzde kullanımı yaygın ve kolaydır.

4.3.3. Embraşür telleme ya da intradental telleme tekniği ile İMF

Embraşür teknik, Hollows ve Brennan tarafından 1999 yılında basit bir teknik olarak tanımlanmıştır. Bu teknik ile İMF'nin daha az zaman gerektirdiğini, daha ekonomik olduğunu ve iğne batma yaralanmalarının daha az olduğunu bildirmişlerdir. Bu teknikte 24 gauge paslanmaz çelik tel bukkal açıdan alt küçük azı dişlerinin temas noktasından geçirilir. Daha sonra üst çene premolar dişlerin palatinal bölgedeki kontak noktasından geçirilir. Bu teknik sağ ve sol tarafa uygulandıktan sonra sabitlemeyi sağlamak için teller bükülür [36].

4.3.4. Braket destekli tel ile İMF tekniği ve ivy kementleri

Braket destekli tel ile intermaksiller fiksasyon tekniği ilk olarak 1922'de Robert H. Ivy tarafından tanımlanmıştır. Arch barlara alternatif olarak geliştirilmiştir.

Ivy kementleri de yine Arch bar uygulanmasının yapılamadığı, diş eksiklikleri olan hastalarda oklüzyonun sağlanabilmesi için ve intermaksiller fiksasyonun yapılabilmesi amacıyla kullanılmaktadır [37, 38].

4.3.5. İMF vidası ile EAB kombine İMF tekniği (modifiye teknik)

Bu alternatif teknikte, titanyum EAB'lere kendiliğinden delen kilitli vida fiksasyonu için delikler yapılmıştır ve EAB, İMFV ile desteklenmektedir. Chao ve arkadaşlarının önerdiği bu metot ile, her iki tekniğin de avantajlarından yararlanılmış olmakta ve daha kolay uygulanabilirlik sağlaması nedeniyle, işlem süresi kısalmaktadır [39, 40].

4.3.6. Ernst ligatürü ile İMF tekniği

Ernst ligatürleri, Ivy kementleri gibi tel yardımı ile dişlerden destek alan fiksasyon yöntemidir. Basit kırıklarda ve geçici fiksasyonlarda kolaylıkla kullanılabilecek bir yöntemdir. Komplike parçalı kırıklarda ve kırık hattının stabil

olmadığı deplase kırık vakalarında kullanımı uygun değildir. Ernst Ligatürleri dişlerden destek aldığı için, dişlerde fraktür ve lüksasyon varlığının olmaması gerekmektedir. 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 İMF sağlanır [41].

4.4. Sonlu Elemanlar Analizinin Kullanım Alanları ve Limitasyonları

SEA, bilgisayar destekli mühendislik yapmak için gelişmiş bir sayısal yöntemdir. Pratik uygulaması açısından SEA, çeşitli araştırmacılar tarafından karmaşık mekanik sistemlerdeki stresleri ve gerinimleri analiz etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır [42]. SEA, doğru araştırma sorusunu formüle etmeye ve uygun deneyleri tasarlamaya yardımcı olmaktadır. Birçok değişkenin dikkate alınması gereken karmaşık sistemlerde, tek parametrenin manipüle edilmesine izin vererek her birinin etkisini incelemeyi mümkün kılar ve herhangi bir tek klinik yöntemle elde edilemeyecek karmaşık biyomekanik ilişkiler hakkında tek parametreleri manipüle ederek, her birinin ayrı ayrı incelenebilmesine olanak sağlamaktadır. Tasarlanan sayısal modelden yararlanılarak, uygulanan koşullar serbestçe değiştirilebilmektedir ve çalışma istenildiği kadar tekrar edilebilmektedir. Bu yöntem ile hastalar daha önce test edilmemiş yeni materyallerin veya terapötik prosedürlerin uygulanmasıyla ilişkili potansiyel risklere maruz kalmamaktadır ve hayvan deneylerine olan ihtiyaç ortadan kalkmaktadır. Cerrahlar, en iyi terapötik materyalleri ve kavramları değerlendirmek için osteotomileri ve kemik relokasyonlarını sanal olarak gerçekleştirmek ve fiksasyon materyallerinin optimal pozisyonlarını, gerilimlerini ve stresini test etmek için bir araç edinmişlerdir. Bilim adamları, ürün geliştirme döngüsündeki tasarım sürecini optimize etmek için bu yöntemden yararlanabilmektedirler. Sanal çalışmalar, geleneksel araştırmalara göre önemli ölçüde daha az mali yük oluşturmaktadır. Bu, yeni malzemelerin ve tekniklerin hızlı bir şekilde test edilemesini sağlamaktadır.

Tüm bu avantajları yanında, SEA'nın limitasyonları da vardır. Bilgisayarlı çalışmaların koşullarının tamamen araştırmacılar tarafından programlandığı ve bu nedenle her zaman yanlışlık riski oluşturacağı unutulmamalıdır. SEA'nın en ciddi sınırlamaları, aşırı basitleştirmeleri ve varsayımlarıdır. Ayrıca anatomik kemik modelleme, anatomi morfolojisini yansıtırma vb. işlemlerde SEA geometrik kesinliği tam olarak sağlamak zorundadır ve kullanılan malzeme sabitlerine göre analizler farklılık göstermelidir. Yapılan kemik modellemelerde genellemeler yapılmaktadır. SEA üzerine araştırma yapan yazarlar, kortikal ve süngerimsi kemik arasında ayrım yapmanın anlamsız olduğunu varsaymışlardır ve incelenen kemiği genel olarak homojen, izotropik ve lineer elastik materyal olarak değerlendirmişlerdir [43, 44, 45]. Yine bu alanda kemiğin anatomisi yansıtılabilse de morfolojisini yansıtabilme eksiklikleri bulunmaktadır [46]. Bu nedenle ilk çalışma olarak çok etkili olsa da hayvan ve insan çalışmaları ile desteklenmesi gerekmektedir.

5. MATERİYAL VE METOT

Çalışmamızda, oklüzyonu ideal olan bir hastanın üç boyutlu CBCT görüntüsünden yararlanılarak .stl uzantılı üç boyutlu maksilla ve mandibula sanal modelleri oluşturulmuştur. Uygulanan senaryolarda, mandibula ve maksilla modelleri üzerinde kemik doku, dişlerin konumları, hastanın braketleri crimpable hooklar ve fiksasyonda kullanılacak olan 0.4 mm paslanmaz çelik ark telleri özellikleri hepsinde aynı olacak şekilde planlanmıştır. 3 boyutlu ağ yapısının düzenlenmesi ve daha homojen hale getirilmesi, 3 boyutlu katı modelin oluşturulması ve sonlu elemanlar stres analizi işlemi için Intel Xeon® R CPU 3,30 GHz işlemci, 500gb Hard disk, 14 GB RAM donanımlı ve Windows 7 Ultimate Version Service Pack 1 işletim sistemi olan bilgisayardan, Activity 880 (Smart Optics Sensortechnik GmbH, Sinterstrasse 8, D-44795 Bochum, Almanya) optik tarayıcısı ile 3 boyutlu taramadan, Rhinoceros 4.0 (3670 Woodland Park Ave N, Seattle, WA 98103 USA) 3 boyutlu modelleme yazılımından, VRMesh Studio (VirtualGrid Inc, Bellevue City, WA, USA) ve Algor Fempro (ALGOR, Inc. 150 Beta Drive Pittsburgh, PA 15238-2932 USA) analiz programından yararlanılmıştır. 3D Doctor (Able Software, ABD) yazılımı kullanılarak kemik doku modellenmiş, Modeller VRMesh Studio (VirtualGrid Inc, Bellevue City, WA, USA) yazılımı kullanılarak geometrik olarak oluşturulduktan sonra analize hazır olmaları için .stl formatına getirilmiştir. .stl formatı üç boyutlu modelleme programları için evrensel değer taşımaktadır. .stl formatında düğümlerin koordinat bilgilerinin saklanması sayesinde programlar arasında aktarım yapılırken bilgi kaybı olmamaktadır. Rhinoceros 4.0 (3670 Woodland Park Ave N, Seattle, WA 98103 USA) yazılımı sayesinde ark telleri, braketler, fiksasyon noktaları, 0.4 mm tel paslanmaz çelik tel ve dört farklı klinik senaryoda (Klasik Le Fort I, santral-santral arası, lateral–kanin arası ve kanin–premolar arası) tek ve çok parçalı Le Fort I kesisi yapılmış olan maksilla modelleri oluşturulup, ardından Algor Fempro (ALGOR, Inc.150 Beta Drive Pittsburgh, PA) yazılımına aktarılmıştır. .stl formatı sayesinde üç boyutlu modeller programlar arasında bozulma olmaksızın aktarılabilmiştir. (Şekil 5.1, Şekil 5.2, Şekil 5.3) Çalışmamızda üç boyutlu modelleme ve SEA için, Ay Tasarım

Limited Şirketi'nden destek alınmıştır. Çalışmanın bütçesi BAP 2021/14 nolu proje ile karşılanmıştır.

Çalışmamızda, literatürde de yaygın olarak kullanılan 3 adet çok parçalı Le Fort I ve klasik tek parçalı Le Fort I senaryoları üzerinde çalışılmıştır [44]. Maksilla modeli çok parçalı Le Fort I için üç farklı senaryoya, osteotomi hattı santral-santral, lateral-kanin ve kanin-premolar dişler arasından başlayacak şekilde ayrılmıştır, daha sonra ilgili dişler arasından başlayan osteotomi hatları paramedian bölgede konumlanacak şekilde birleştirilip ve maksiller orta hatta paralel olarak seyredecek şekilde, oluşan parçalar segmente edilmiştir. Tasarlanan üç farklı çok parçalı ve tek parçalı Le Fort I modellerine ilgili yazılım aracılığıyla üç farklı İMF tekniği ayrı ayrı uygulanarak, alt ve üst çene modelleri planlanan oklüzyona simülasyonla getirilmiştir. Son olarak Algor yazılımı ile üç farklı tekniğin oklüzal yüzeylerinde sonlu elemanlar analizi ile değerlendirilme yapılmıştır. Böylece dört farklı osteotomi tasarımının diş destekli, kemik destekli ya da önerdiğimiz hibrit İMF altındaki oklüzal yüzeylerde ve splint üzerinde oluşan dinamikleri değerlendirilmiştir.

Materyal Özellikleri;

VR Mesh yazılımında üretilen modeller, Algor yazılımına .stl şeklinde yüzey verisi olarak aktarılmaktadır. Algor yazılımında analizlerinin yapılabilmesi için içi dolu şekilde meshlenmesi gerekmektedir. Meshleme işleminde, modeller mümkün olabildiğince 10 düğüm noktalı (brick tipi) elemanlardan oluşturulmuştur. Modellerdeki yapıların merkezine yakın bölgelerde gerektiğinde yapının tamamlanabilmesi için daha az düğüm noktalı elemanlar kullanılmıştır. Bu modelleme tekniği sayesinde hesaplamayı kolaylaştırmak üzere mümkün olan en yüksek düğüm noktalı elemanlar ile en yüksek kalitede ağ yapısı oluşturulmaya çalışılmıştır. Çene modellerinde bulunan ve analiz işlemini zorlaştıran dik ve dar bölgeler çizgisel elemanlardan arındırılarak düzenli hale getirilmiştir. Burada modeller Bricks ve Tetrahedra elemanlar şeklinde katı modele çevrilmiştir. Bricks ve Tetrahedra katı modelleme sisteminde, Fempro modelde oluşturabildiği kadar 8 nodlu elemanlar kullanılmaktadır. 8 nodlu elemanların gerekli detaya

ulaşamadığı durumlarda 7 nodlu, 6 nodlu, 5 nodlu ve 4 nodlu elemanlar kullanılmıştır. Tüm modeller lineer, homojen ve izotropik materyaller olarak kabul edilmiştir. Bir materyalin homojen olması, mekanik özelliklerinin yapısal her elemanda benzer olduğunu göstermektedir. İzotropik ise, yapısal elemanın her yönde materyal özelliklerinin aynı olduğu durumu tanımlamaktadır. Lineer elastisite; yapının deformasyon veya gerilmesinin, uygulanan kuvvetler altında oransal olarak değişkenlik göstermesidir. Çalışmanın gerçekçi sonuçlar vermesi için programın el verdiği ölçüde, seçtiğimiz çene kemiğinin modelinin boyutlarını göz önüne alarak mümkün olduğunca fazla eleman sayısı seçilmiştir.

Çalışmamızda üç çok parçalı ve bir tek parça Le Fort I modellerinin dış destekli İMF, hibrit İMF ve kemik destekli İMF modellerini oluşturmak için kullandığımız eleman ve düğüm sayıları aşağıda verilmiştir (Tablo 5.1.)

Tablo 5.1. Üç farklı çok parçalı Le Fort I ve klasik Le Fort I modellerinde uygulanan üç farklı İMF senaryolarını içeren matematiksel modellerde kullanılan eleman ve düğüm sayıları

C1: Düğüm sayısı= 317557	Element sayısı= 1343274
C2: Düğüm sayısı= 393034	Element sayısı= 1691519
C3: Düğüm sayısı= 452746	Element sayısı= 1929935
C4: Düğüm sayısı= 317938	Element sayısı= 1342920
C5: Düğüm sayısı= 392925	Element sayısı= 1685915
C6: Düğüm sayısı= 445609	Element sayısı= 1954849
C7: Düğüm sayısı= 308080	Element sayısı= 1313815
C8: Düğüm sayısı= 383178	Element sayısı= 1654161
C9: Düğüm sayısı= 436037	Element sayısı= 1890557
C10: Düğüm sayısı= 308286	Element sayısı= 1313959
C11: Düğüm sayısı= 383513	Element sayısı= 1654598
C12: Düğüm sayısı= 436034	Element sayısı= 1890211

(C.1. Hazırlanan sanal kesici lateral – kanin diş arası parçalı Le Fort I modeli üzerinde diş destekli İMF tekniğinin uygulanması, C.2. Hazırlanan sanal lateral – kanin diş arası parçalı Le Fort I modeli üzerinde hibrit İMF tekniğinin uygulanması, C.3. Hazırlanan sanal lateral – kanin diş arası parçalı Le Fort I modeli üzerinde kemik destekli İMF tekniğinin uygulanması, C.4. Hazırlanan sanal kanin – premolar diş arası parçalı Le Fort I modeli üzerinde diş destekli İMF tekniğinin uygulanması, C.5. Hazırlanan sanal kanin – premolar diş arası parçalı Le Fort I modeli üzerinde hibrit İMF tekniğinin uygulanması, C.6. Hazırlanan sanal kanin – premolar diş arası parçalı Le Fort I modeli üzerinde kemik destekli İMF tekniğinin uygulanması, C.7. Hazırlanan sanal santral- santral diş arası parçalı Le Fort I modeli üzerinde diş destekli İMF tekniğinin uygulanması, C.8. Hazırlanan sanal santral- santral diş arası parçalı Le Fort I modeli üzerinde hibrit İMF tekniğinin uygulanması, C.9. Hazırlanan sanal santral- santral diş arası parçalı Le Fort I modeli üzerinde kemik destekli İMF tekniğinin uygulanması, C.10. Hazırlanan sanal klasik Le Fort I modeli üzerinde diş destekli İMF tekniğinin uygulanması, C.11. Hazırlanan sanal klasik Le Fort I modeli üzerinde hibrit İMF tekniğinin uygulanması, C.12. Hazırlanan sanal klasik Le Fort I modeli üzerinde kemik destekli İMF tekniğinin uygulanması)

Çalışmamızda tedarik edilen 0.4 mm lik tel ve braketler Smart Optics üç boyutlu tarayıcısı ile üç boyutlu olarak taranmıştır. .stl formatında elde edilen modeller, Rhinoceros 4.0 (3670 Woodland Park Ave N, Seattle, WA 98103 USA) yazılımına gönderilmiştir. Rhino yazılımında Boolean yöntemi ile braketler, fiksasyon noktaları, 0.4 mm lik tel ve kemik dokuları arasında uyumlandırma yapılmıştır ve kuvvet aktarımı sağlanmıştır. Kemik dokularının modellenmesi için, öncelikle bir hastanın tomografisi alınmıştır. Tomografi çekiminde 3M Iluma CBCT cihazı kullanılmıştır. Çekimde 120KvP 3.8mA değerlerinde 40 saniyelik çekim modu kullanılmıştır. Elde edilen veriler, 3d-doctor yazılımına atılmıştır ve burada “Interactive Segmentation” yöntemi ile Hounsfield değerlerine bakılarak kemik dokusu ayrıştırılmıştır. Yapılan ayrıştırma işleminden sonra “3D Complex Render” yöntemi ile üç boyutlu model elde edilmiştir ve bu şekilde kemik dokusu modellenmiştir. Kemik dokusundan ofset yöntemi ile spongioz kemik elde edilmiştir ve gerekli uyumlamaların yapılması ile kuvvet aktarımı sağlanmıştır. Bu şekilde maksilla ve mandibula kortikal kemik, spongioz kemik, 0.4 mm lik tel, braketler ve fiksasyon noktaları gerçek morfolojisini yansıtacak biçimde modele taşınmıştır. Yapılan modellemeler Rhinoceros yazılımında üç boyutlu uzayda doğru koordinatlara yerleştirilmiştir ve modelleme işlemi tamamlanmıştır. Rhinoceros’da yapılan modellemeler, üç boyutlu koordinatlar korunarak Fempro yazılımına aktarılmıştır. Çalışmamızda, tek taraflı bir molar diş sıkma görevi için yük setlerini modellemek için kullanılan kas ağırlık faktörleri, ölçekleme faktörleri, birim vektör koordinatları ve düğüm sayılarının belirlenmesi için Tom W.P. Koriath ve arkadaşlarının literatürdeki çalışma verilerinden yararlanılmıştır [47].

Sınır Koşulları: Model çene kemiğinin alt ve arka kısmından her Degree of freedom (DOF)’da sıfır harekete sahip olacak şekilde sabitlenmiştir. Araştırma üç boyutlu sonlu elemanlar SEA ile statik lineer analiz yapılarak gerçekleştirilmiştir. Buna göre; .stl uzantılı bu dosyalar, VRMesh yazılımı ile geometrik olarak oluşturulduktan sonra Algor Fempro (Algor Inc., USA) yazılımına aktarılmıştır. .stl formatında 3D modellemede düğümlerin koordinat bilgilerinin güvenli sağlanabilmesi nedeniyle programlar arası aktarım yapılırken herhangi bir bilgi kaybı olmamaktadır. Algor Fempro yazılımı ile maksilla ve mandibula modellerinin uyumlu hale getirilmesi ve maksilla, mandibulaya ait olduklarının, diş

yapılarının hangi materyalden yapıldığının tanıtılması gerekmektedir; bunun için modellerin her birini tanımlayan materyal (elastiklik modülü ve Poisson oranı) değerleri verilmiştir. Programda katı cisim özellikleri lineer elastik, homojen ve izotropik kabul edilmiştir.

Buna göre; üç boyutlu CBCT görüntüleri üzerinde ön çalışma yapılmıştır, geometrik modeller ve ağ yapısı oluşturulmuştur ve sanal maksilla ve mandibula modelleri oluşturulmuştur. Sanal ortamda oluşturulmuş, Le Fort I osteotomisi kesilerinin yapıldığı maksilla ve mandibula modelleri üzerinde fiksasyon noktaları oluşturulmuştur. Dört farklı klinik senaryoda üç farklı fiksasyon tekniği uygulanmıştır. Sonuçlar değerlendirilip, yorumlandı.

Sanal lateral–kanin dişler arası parçalı Le Fort I modeli: Hastanın tomografisinden elde edilerek, sanal ortamda tasarlanmış üç boyutlu maksilla modeli üzerinde Klasik Le Fort I osteotomisine ek olarak lateral–kanin dişler arasından başlayan osteotomi hatları paramedian bölgede konumlanarak birleştirildi ve maksiller orta hatta paralel olarak seyredecek şekilde ve oluşan parçalar segmente edildi (Şekil 5.1).

Sanal kanin–premolar dişler arası parçalı Le Fort I modeli: Hastanın tomografisinden elde edilerek, sanal ortamda tasarlanmış üç boyutlu maksilla modeli üzerinde kanin–premolar dişler arasından başlayan osteotomi hatları paramedian bölgede konumlanacak şekilde birleştirildi ve maksiller orta hatta paralel olarak seyredecek şekilde parçalar segmente edildi (Şekil 5.2).

Sanal santral–santral dişler arası parçalı Le Fort I modeli: Hastanın tomografisinden elde edilerek, sanal ortamda tasarlanmış üç boyutlu maksilla modeli üzerinde klasik Le Fort I osteotomisine ek olarak santral–santral dişler arasından, başlayan osteotomi hatları paramedian bölgede konumlanacak şekilde birleştirildi ve maksiller orta hatta paralel olarak seyredecek şekilde parçalar segmente edildi (Şekil 5.3).

Klasik Le Fort I modeli: Hastanın tomografisinden elde edilerek, sanal ortamda tasarlanmış üç boyutlu maksilla modeli üzerinde klasik Le Fort I osteotomisi yapıldı.

Uygulanan olan İMF Yöntemlerinin Tanımlanması:

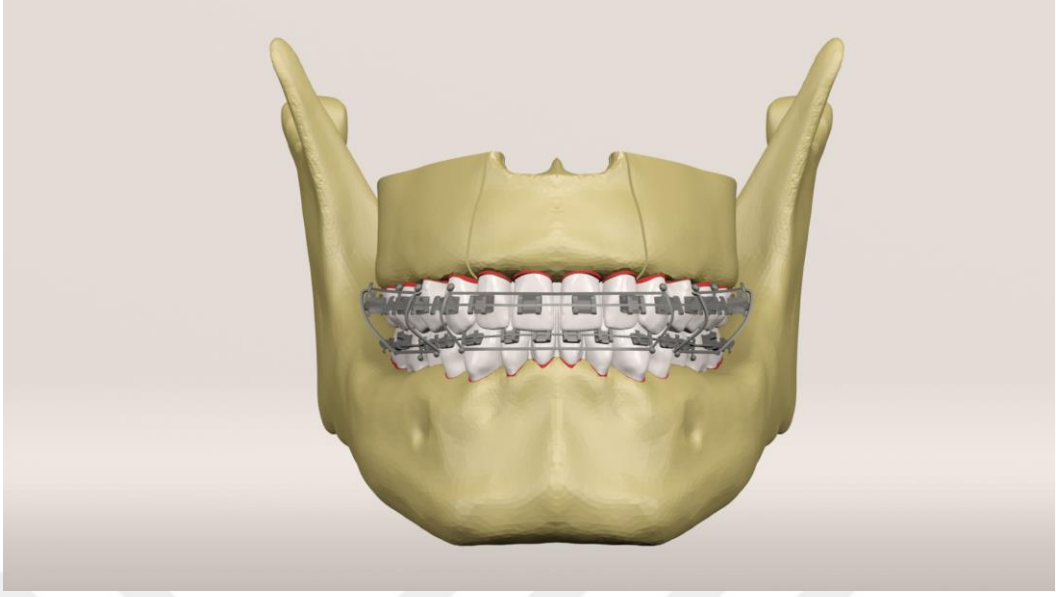
Diş destekli İMF yöntemi: Stabilizasyon dişler üzerine yerleştirilen crimpable hooklardan ve bu crimpable hooklardan destek alacak 0.4 mm lik çelik telle sağlanmıştır ve böylece alt ve üst çenedeki dişler oklüzyona getirilmiştir. Alt ve üst çenede yer alan bütün dişlerde, crimpable hooklardan destek alınarak intermaksiller fiksasyon sağlanmıştır. Bu amaçla sanal olarak, 16-46 nolu dişlerdeki crimpable hooklardan başlayarak, 14-44 nolu dişlere ait crimpable hooklarda bitecek şekilde ve aradaki crimpable hooklardan da destek alacak şekilde çelik teli simüle edecek bağlantı materyali, alt ve üst çene modellerinin sağ tarafına uygulanmıştır. Sol taraf için ise 26-36 nolu dişlerdeki crimpable hooklardan başlayarak, 24-34 nolu dişlere ait crimpable hooklarda bitecek şekilde ve aradaki crimpable hooklardan da destek alacak şekilde çelik teli simüle edecek bağlantı materyali, alt ve üst çene modellerinin sol tarafına uygulanmıştır. Anterior bölgede ise 13-43 nolu dişlerdeki crimpable hooklardan başlayarak, 23-33 nolu dişlere ait crimpable hooklarda bitecek şekilde ve aradaki crimpable hooklardan da destek alacak şekilde çelik teli simüle edecek bağlantı materyali, alt ve üst çene modellerinin anterior bölgesine (Şekil 5.4) ve posterior bölgesine (Şekil 5.5) uygulanmıştır. Bu fiksasyon metodu hiçbir modifikasyon gerekmeden 4 farklı Le Fort I senaryosuna uygulanmıştır.

Hibrit İMF yöntemi: 11-21 no'lu dişlerin arasına, mandibular simfizde B noktasına, 35-36 ve 45-46 nolu dişlerin arasına süperior konumda toplamda 4 adet olacak şekilde birer adet İMF vidasını temsil eden fiksasyon noktası yerleştirilmiştir. Oluşturulan bu 4 adet fiksasyon noktası B noktasından 11-21 arasındaki fiksasyon noktasına; 35-36 nolu dişler arasındaki fiksasyon noktası, maksilladaki ark telinin üzerine 26 nolu dişin orta noktası hizasına; 45-46 nolu dişler arasındaki fiksasyon noktası, maksilladaki ark telinin üzerine 16 nolu dişin orta noktası hizasına fikse edilmiştir (Şekil 5.6, Şekil 5.7). Sadece osteotomi hattının 11-21 nolu dişler arasında olduğu Le Fort I osteotomi senaryosunda ise

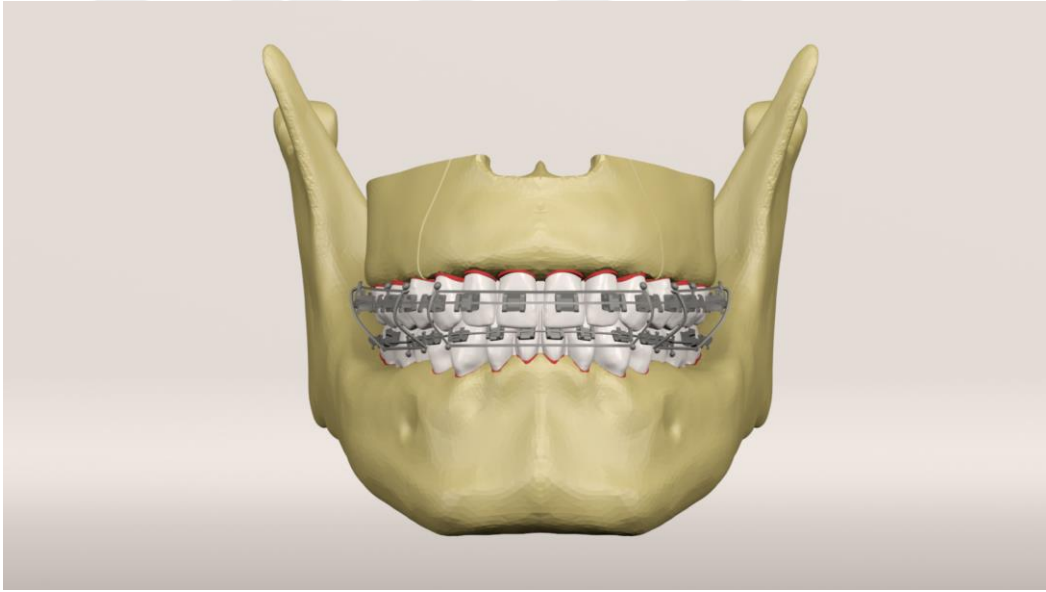
maksiller orta hat osteotomize olacağı için İMF vida pozisyonu şu şekilde sağlanmıştır; üst çene anterior bölgedeki kemik desteğini sağlamak amacıyla 11-12 ve 21-22 nolu dişler arasına yerleştirilen İMF vidaları kullanıldı, diğer tüm fiksasyon noktaları diğer iki modelde olduğu gibi uygulanmıştır (Şekil 5.8).

Kemik destekli İMF yöntemi: Maksillada anterior bölgede alveolar kemiğe denk gelen bölgeye 12-13 ve 22-23 nolu dişler hizasına ve mandibulada ise B noktası üzerine fiksasyon noktası konulacak ve üst çenedeki karşılıkları ile İMF simüle edilmiştir. Posterior bölgedeki İMF uygulaması için ise; alt ve üst çene modellerinin sağ tarafına 15-16 ve 45-46 nolu dişlerin ortasına alveolar kemiğe denk gelecek şekilde fiksasyon noktaları belirlenerek ve bu fiksasyon noktaları çelik teli simüle eden materyalle birbirlerine bağlanmıştır. Aynı şekilde alt-üst çene modelinin sol tarafı içinse; 25-26 ve 35-36 nolu dişlerin ortasına alveolar kemiğe denk gelecek şekilde fiksasyon noktaları belirlenerek ve bu fiksasyon noktaları çelik teli simüle eden materyalle birbirlerine bağlanmıştır (Şekil 5.9).

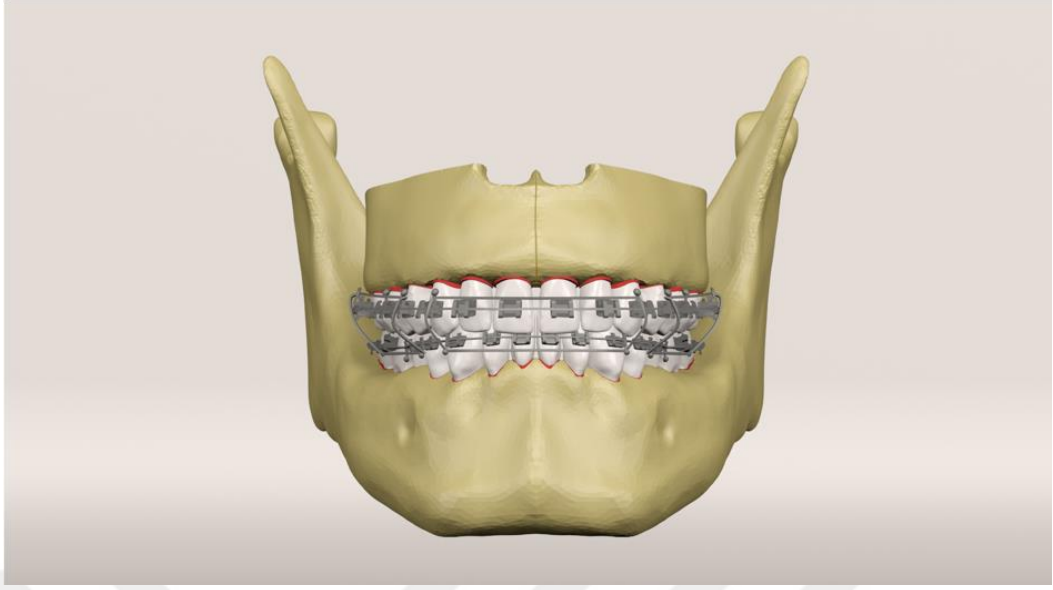
SEA ile bu fiksasyon noktalarına ve bağlantılarına çeşitli yönlerde kuvvet vektörleri uygulanarak ve hangi fiksasyon yönteminin daha ideal olduğunu belirlemek amacıyla, fiksasyon sırasında maksilla ve mandibulaya gelen kuvvetler, bu kuvvetlerin okluzyondaki kuvvet dağılımına etkisi ve bu bölgelerdeki biriken stresler Algor Fempro (Algor, Inc. 150 Beta Dr Pittsburgh PA 15238.) ve Rhinoceros (Robert McNeel & Associates Seattle Weather Headquarters, North America and Pacific 3670 Woodland Park Ave NSeattle, WA 98103 USA) programları ile saptanmaya çalışılmıştır. Her modele sırasıyla 100N, 300N ve 800N yük altında oklüzal kuvvet dağılımının tespiti için uygulanmıştır (Şekil 5.10). Daha sonrasında elde edilen veriler yorumlanarak gerçek cerrahi senaryodaki avantaj ve dezavantajlarına göre değerlendirilmiştir.



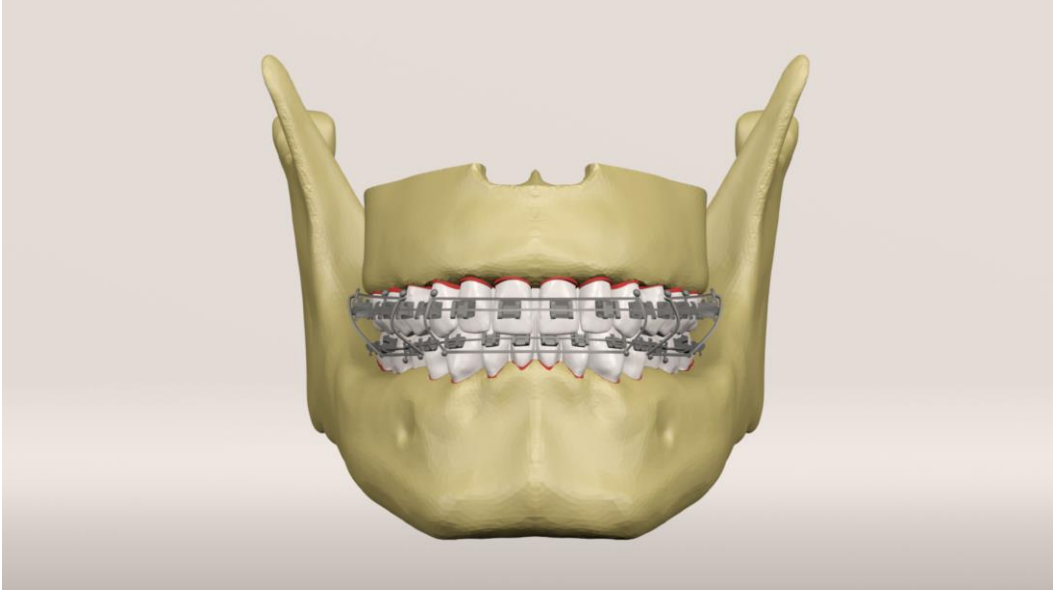
Şekil 5.1. Lateral-kanin dişler arası osteotomize edilen çok parçalı Le Fort I osteotomi tasarımı.



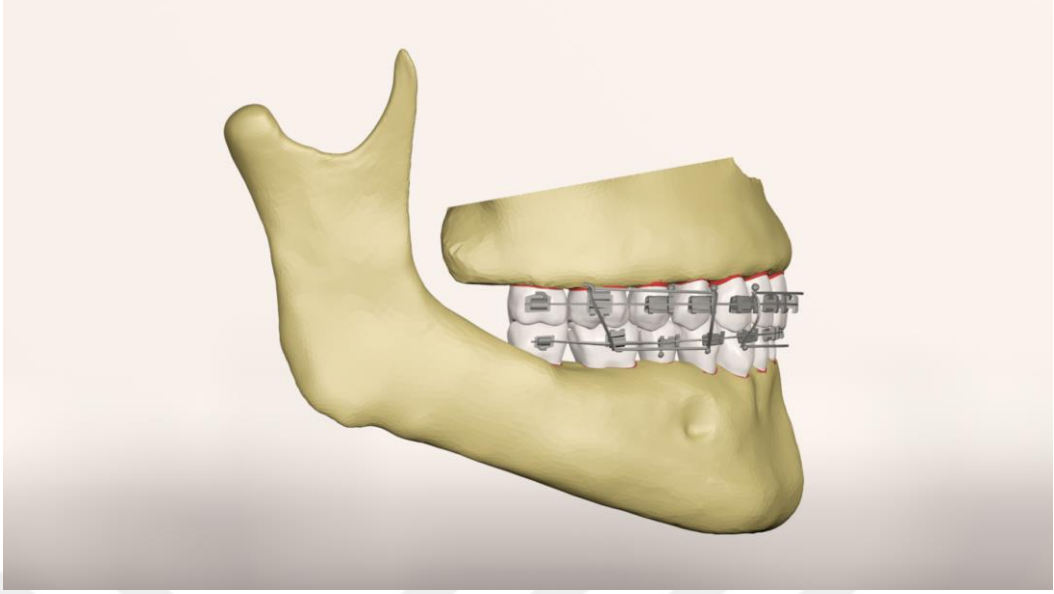
Şekil 5.2. Kanin-premolar dişler arası osteotomize edilen çok parçalı Le Fort I osteotomi tasarımı.



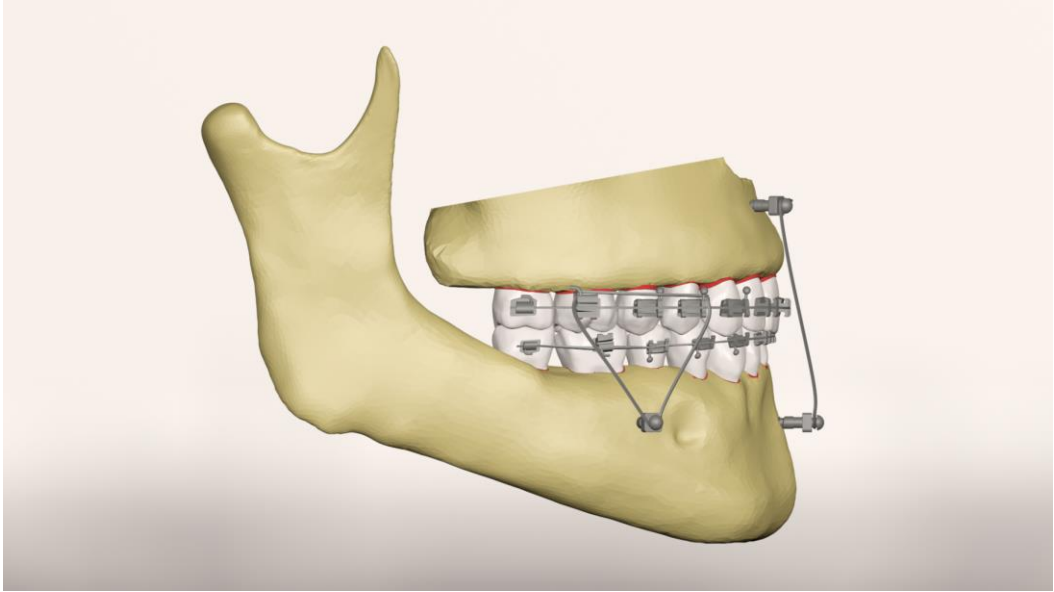
Şekil 5.3. Santral-santral dişler arası osteotomize edilen çok parçalı Le Fort I osteotomi tasarımı



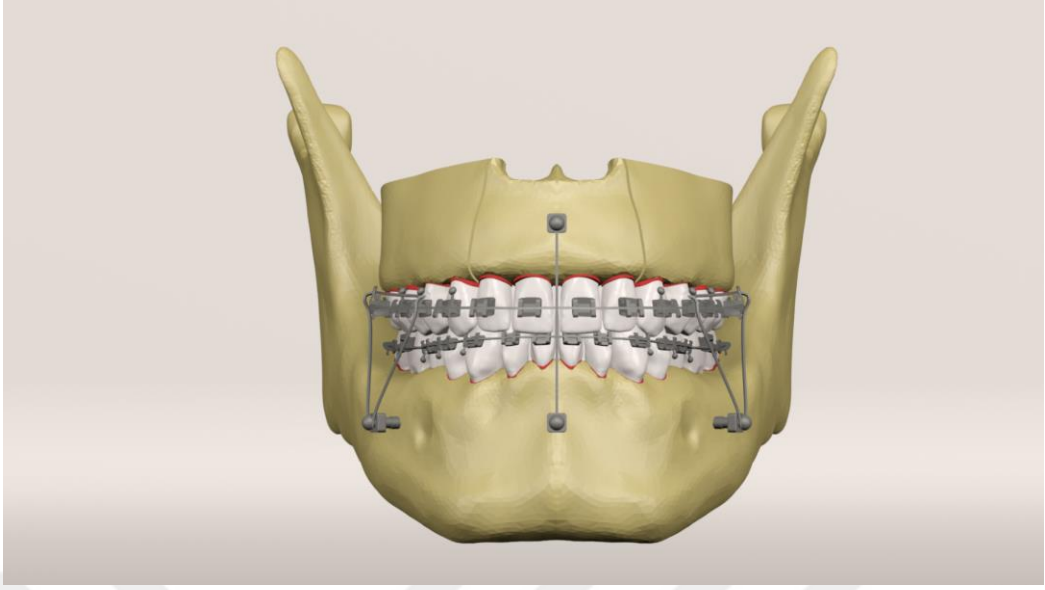
Şekil 5.4. Diş destekli İMF yönteminde anterior bölgedeki fiksasyon noktaları ve bağlantılarının konumlandırılması.



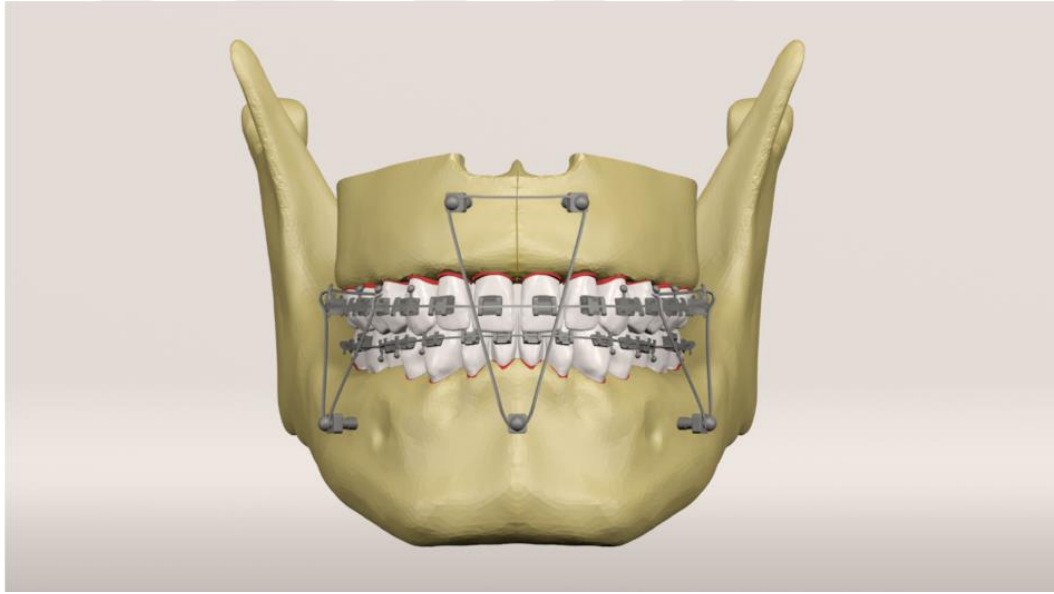
Şekil 5.5. Diş destekli İMF yönteminde posterior bölgedeki fiksasyon noktaları ve bağlantılarının konumlandırılması.



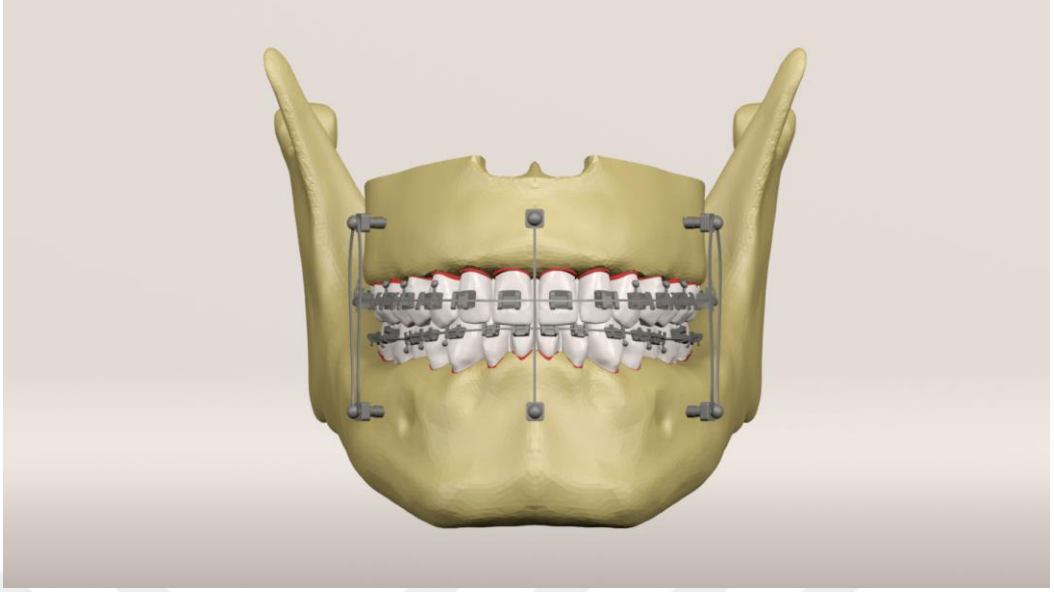
Şekil 5.6. Hibrit İMF yönteminde posterior bölgedeki fiksasyon noktaları ve bağlantılarının konumlandırılması.



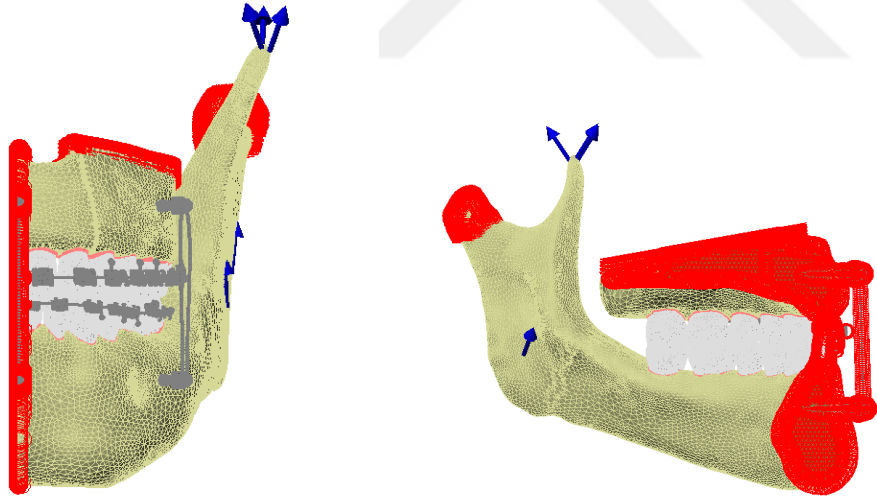
Şekil 5.7. Hibrit İMF yönteminde anterior bölgedeki fiksasyon noktaları ve bağlantılarının konumlandırılması.



Şekil 5.8. Osteotomi hattının 11-21 nolu dişler arasında olduğu çok parçalı Le Fort I osteotomi modeli senaryosundaki anterior fiksasyon noktaları ve bağlantılarının konumlandırılması.



Şekil 5.9. Kemik destekli İMF yönteminde anterior ve posteriordaki fiksasyon noktaları ve bağlantılarının konumlandırılması.



Şekil 5.10. Tüm çok parçalı ve tek parçalı Le Fort I modeline İMF sırasında uygulanan kuvvet vektörlerinin yönü.

6. BULGULAR

Sonuçlar, oklüzal yüzeyler seviyesinde sonlu elemanlar analizi ile kuvvet dağılımı yapılarak değerlendirilmiştir. Böylece dört farklı osteotomi tasarımının diş destekli, kemik destekli ya da önerdiğimiz hibrit İMF altındaki oklüzal yüzeylerde oluşan dinamiklerinin değerlendirilmesiyle en ideal olanı bulunmaya çalışılmıştır. Bu şekilde ilgili maksiller osteotomiler sonrası stabilizasyon yöntemine ve maksiller segmentasyon paternine göre dişlerin oklüzal yüzeyleri ve splint üzerindeki maksimum stres alanları literatüre uygun olarak değerlendirilmiştir [48, 49]. Bu senaryolar sonucunda dişlerin karşılıklı ilişkilerinde ve splintle meydana gelebilecek temas ya da temassızlık bölgeleri belirlenerek postoperatif dönemde oluşabilecek stabilite ve relaps problemlerini belirlemek amaçlanmıştır. Buna göre; klasik ve çok parçalı Le Fort I modellerinin tümünde (santral-santral dişler arası, lateral-kanin dişler arası, kanin-premolar dişler arası çok parçalı Le Fort I) hibrit İMF tekniğinin en ideal olduğu tespit edilmiştir. Klasik Le Fort I ve lateral-kanin dişler arası, kanin-premolar dişler arası çok parçalı Le Fort I modellerinde ikinci olarak en iyi İMF tekniği, diş destekli İMF tekniği olmuştur. Bunu son olarak da kemik destekli İMF tekniği izlemiştir. Ancak santral-santral dişler arası çok parçalı Le Fort I modelinde ikinci sırayı kemik destekli İMF tekniği izlemiştir, bu modelde uyguladığımız tekniklerde idealden en uzak olanı diş destekli İMF tekniği olmuştur.

Tablo 6.1. Mandibulada herbir dişte üç ayrı İMF tekniğinin kıyaslanması

DİŞ NO	LATERAL- KANİN DİŞLER ARASINDA ÇOK PARÇALI LEFORT I OSTEOTOMİSİ	KANİN- PREMOLAR DİŞLER ARASINDA ÇOK PARÇALI LEFORT I OSTEOTOMİSİ	SANTRAL- SANTRAL DİŞLER ARASINDA ÇOK PARÇALI LEFORT I OSTEOTOMİSİ	KLASİK LEFORT OSTEOTOMİSİ
41	I>II>III	I>II>III	II>I>III	II>I>III
42	I>II>III	I>II>III	II>III>I	II>I>III
43	I>II>III	I>II>III	I>II=III	I>II=III
44	II>I>III	I>II>III	II>III>I	I>II=III
45	II>I>III	II>I>III	II>III>I	II>III>I
46	II>I>III	II>I>III	II>III>I	II>I>III
47	II>I>III	II>I=III	II>III=I	II>I>III
31	I>II>III	I>II>III	II>I>III	II>I>III
32	I>II>III	I>II>III	II>III>I	II>III=I
33	I>II>III	I>II>III	I>II=III	I>II=III
34	II>I>III	I>III>II	II>III>I	II>I>III
35	II>I>III	II>I>III	II>I>III	II>III>I
36	II>I>III	II>III>I	II>III>I	II>I>III
37	II>I>III	II>III>I	II>III=I	II>I>III

(I: diş destekli İMF tekniği, II: hibrit İMF tekniği, III: kemik destekli İMF tekniği)

Tablo 6.2. Maksillada herbir dişte üç ayrı İMF tekniğinin kıyaslanması

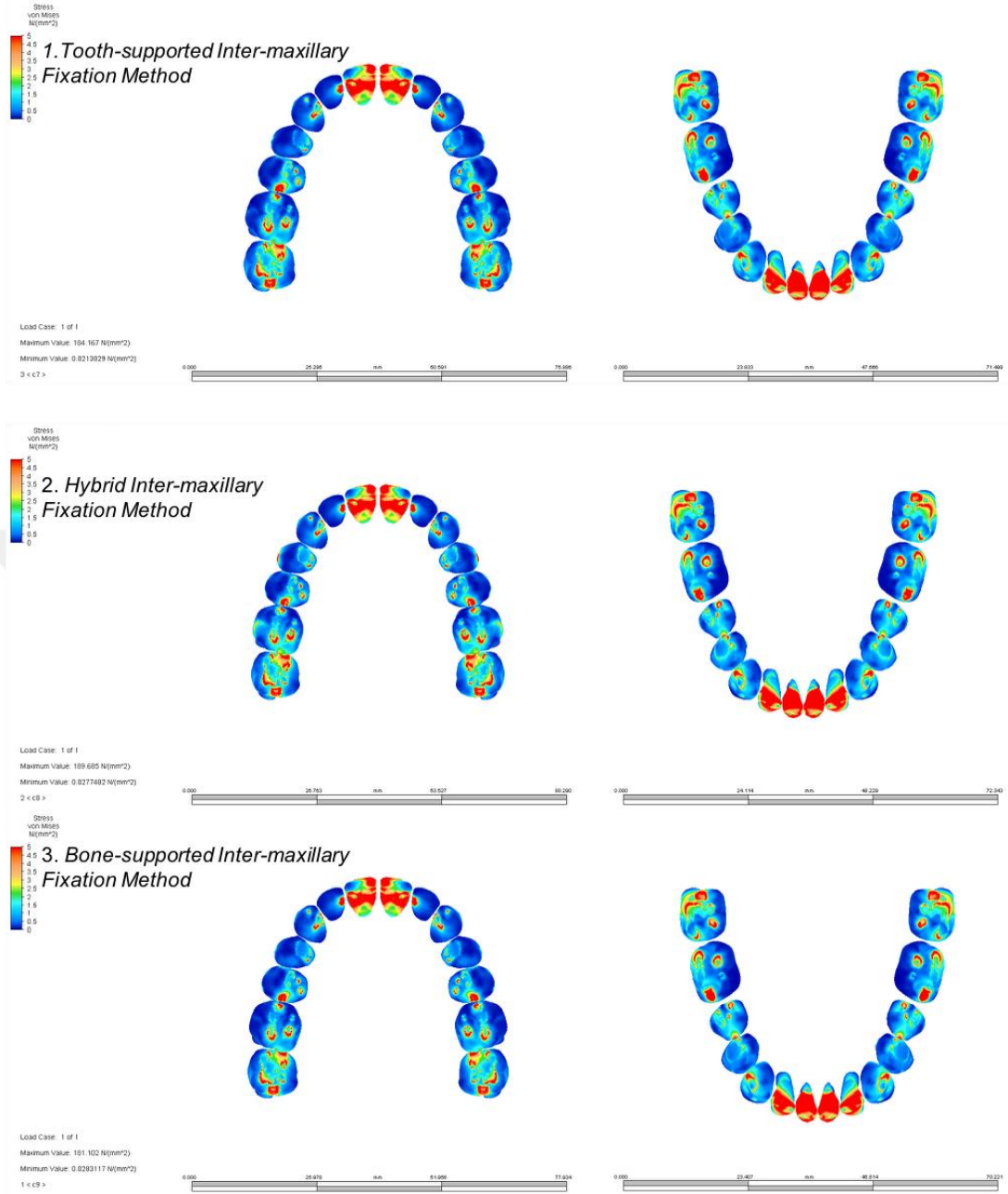
DİŞ NO	LATERAL- KANİN DİŞLER ARASINDA ÇOK PARÇALI LEFORT I OSTEOTOMİSİ	KANİN- PREMOLAR DİŞLER ARASINDA ÇOK PARÇALI LEFORT I OSTEOTOMİSİ	SANTRAL- SANTRAL DİŞLER ARASINDA ÇOK PARÇALI LEFORT I OSTEOTOMİSİ	KLASİK LEFORT I OSTEOTOMİSİ
11	II>I>III	I>II>III	II>III>I	I>III>II
12	I>II>III	I=II=III	III>I>II	I=III>II
13	II>I>III	I>II>III	II>III>I	I>III=II
14	II>I>III	II>I>III	II>III>I	II>I>III
15	II>I>III	II>I>III	III>II>I	III>II>I
16	II>I>III	II>I>III	I>III>II	II>I=III
17	II>I>III	II>I>III	II>I>III	II>I>III
21	II>I>III	II>I>III	II>III>I	I>III>II
22	I>II>III	I>II>III	II=III>I	I=III>II
23	II>I>III	I>II=III	II>I>III	I>III>II
24	II>I>III	II>I>III	II>III>I	II>I>III
25	II>I>III	II>I>III	I>III>II	III>I>II
26	II>I>III	II>I>III	I>II>III	I=III>II
27	II>I>III	II>I>III	II>I>III	II>III>I

(I: diş destekli İMF tekniği, II: hibrit İMF tekniği, III: kemik destekli İMF tekniği)

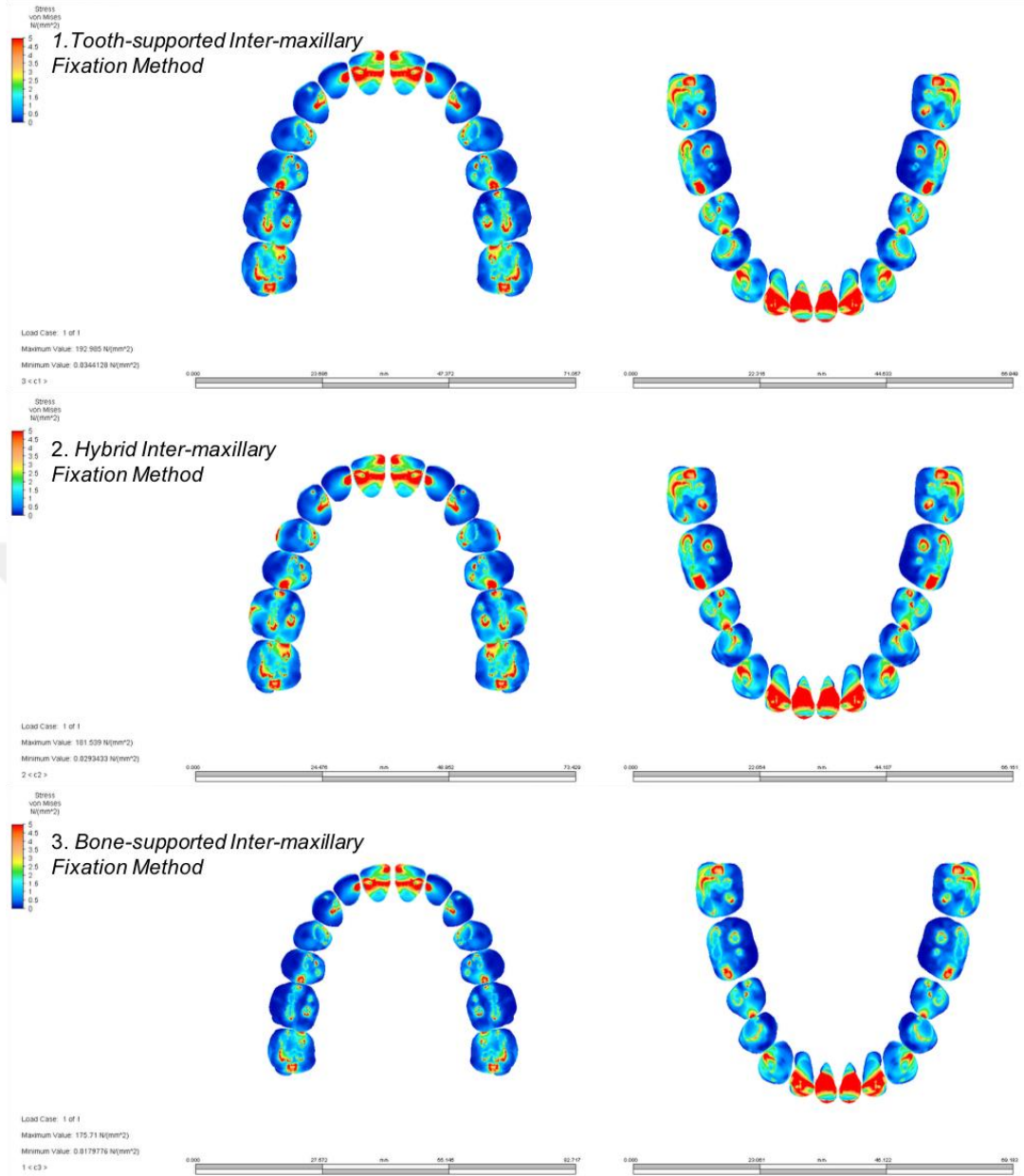
Tablo 6.3. Maksilla ve mandibulanın insizal, preomolar ve molar bölgelerdeki üç ayrı İMF tekniğinin kıyaslanması

MAKSİLLA	LATERAL-KANİN DİŞLER ARASINDA ÇOK PARÇALI LEFORT I OSTEOTOMİSİ	KANİN- PREMOLAR DİŞLER ARASINDA ÇOK PARÇALI LEFORT I OSTEOTOMİSİ	SANTRAL- SANTRAL DİŞLER ARASINDA ÇOK PARÇALI LEFORT I OSTEOTOMİSİ	KLASİK LEFORT I OSTEOTOMİSİ
İNSİZAL BÖLGE	II>I>III		II>III>I	I>III>II
PREMOLAR BÖLGESİ	II>I>III	II>I>III	II>III>I	II>III>I
MOLAR BÖLGE	II>I>III	II>I>II	I>II>III	II>I>III
MANDİBULA	LATERAL-KANİN DİŞLER ARASINDA ÇOK PARÇALI LEFORT I OSTEOTOMİSİ	KANİN-PREMOLAR DİŞLER ARASINDA ÇOK PARÇALI LEFORT I OSTEOTOMİSİ	ANTRAL-SANTRAL DİŞLER ARASINDA ÇOK PARÇALI LEFORT I OSTEOTOMİSİ	KLASİK LEFORT I OSTEOTOMİSİ
İNSİZAL BÖLGE	I>II>III	I>II>III	II>I>III	II>I>III
PREMOLAR BÖLGESİ	II>I>III	II=I>III	II>III>I	II>III>I
MOLAR BÖLGE	II>I>III	II>III>I	II>III>I	II>I>III

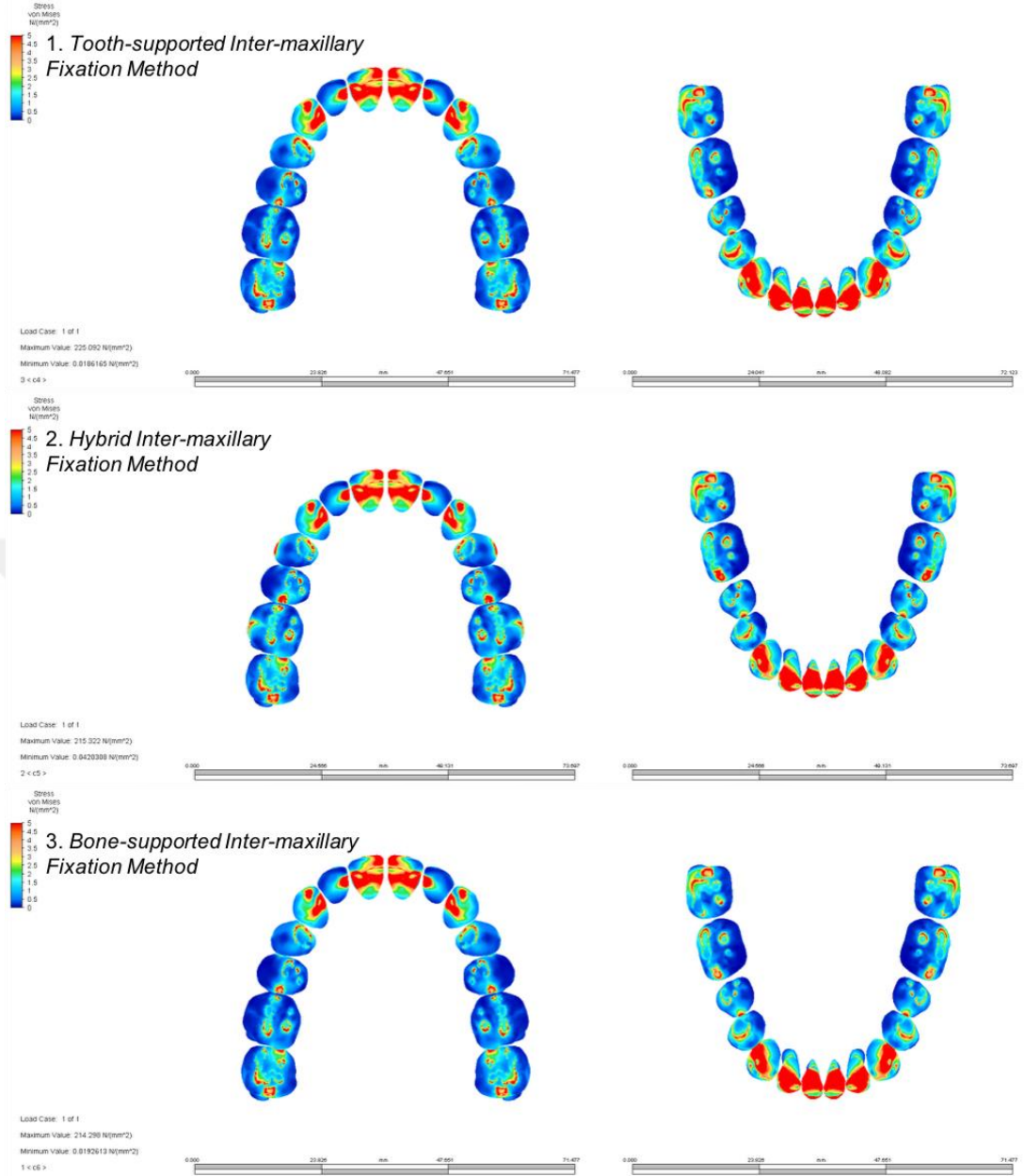
(I: diş destekli İMF tekniği, II: hibrit İMF tekniği, III: kemik destekli İMF tekniği)



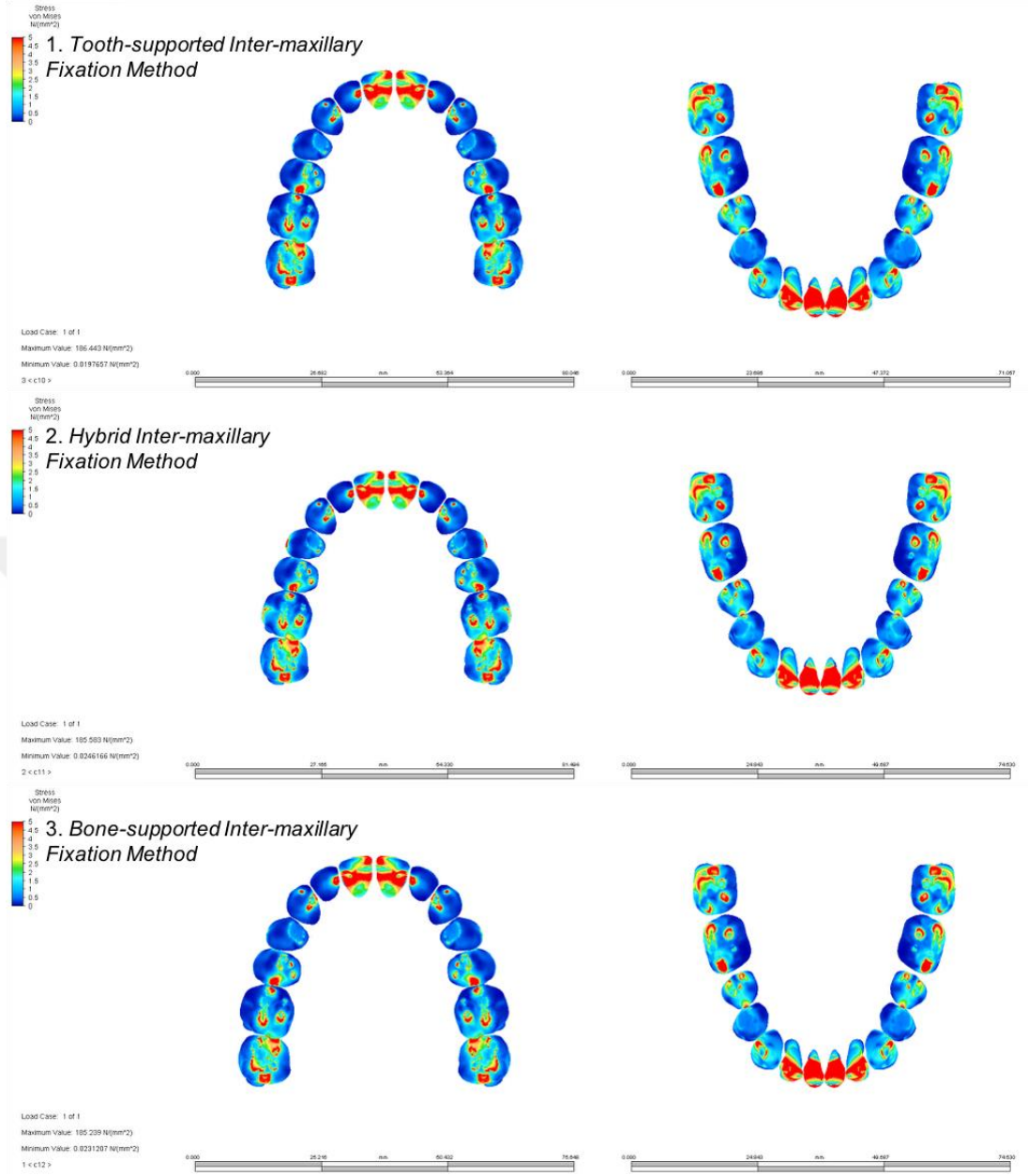
Şekil 6.1. Santral-santral dişler arası çok parçalı Le Fort I modelinin maksilla ve mandibulada, diş destekli İMF tekniği (1), hibrit İMF tekniği (2) ve kemik destekli İMF tekniği (3) için ayrı ayrı üst ve alt çenelerin oklüzal temaslarındaki stres birikimlerinin SEA sonuçları. Stress von Misses'e göre şekillerdeki oklüzal yüzeylerin kırmızı alanları, stres birikiminin en fazla olduğu bölgelerdir ve ardından sırasıyla turuncu, sarı, yeşil ve mavi alanlar gelir. Gerilme dağılımı arttıkça daha iyi bir oklüzasyon elde edilir.



Şekil 6.2. Lateral-kanin dişler arası çok parçalı Le Fort I modelinin maksilla ve mandibulada, diş destekli İMF tekniği (1), hibrit İMF tekniği (2) ve kemik destekli İMF tekniği (3) için ayrı ayrı üst ve alt çenelerin oklüzal temaslarındaki stres birikimlerinin SEA sonuçları. Stress von Misses'e göre şekillerdeki oklüzal yüzeylerin kırmızı alanları, stres birikiminin en fazla olduğu bölgelerdir ve ardından sırasıyla turuncu, sarı, yeşil ve mavi alanlar gelir. Gerilme dağılımı arttıkça daha iyi bir oklüzyon elde edilir.



Şekil 6.3. Kanin- premolar dişler arası çok parçalı Le Fort I modelinin maksilla ve mandibulada, diş destekli İMF tekniği (1), hibrit İMF tekniği (2) ve kemik destekli İMF tekniği (3) için ayrı ayrı üst ve alt çenelerin oklüzal temaslarındaki stres birikimlerinin SEA sonuçları. Stress von Misses'e göre şekillerdeki oklüzal yüzeylerin kırmızı alanları, stres birikiminin en fazla olduğu bölgelerdir ve ardından sırasıyla turuncu, sarı, yeşil ve mavi alanlar gelir. Gerilme dağılımı arttıkça daha iyi bir oklüzyon elde edilir.



Şekil 6.4. Tek parça Le Fort I modelinin maksilla ve mandibulada, diş destekli İMF tekniği (1), hibrit İMF tekniği (2) ve kemik destekli İMF tekniği (3) için ayrı ayrı üst ve alt çenelerin oklüzal temaslarındaki stres birikimlerinin SEA sonuçları. Stress von Misses'e göre şekillerdeki oklüzal yüzeylerin kırmızı alanları, stres birikiminin en fazla olduğu bölgelerdir ve ardından sırasıyla turuncu, sarı, yeşil ve mavi alanlar gelir. Gerilme dağılımı arttıkça daha iyi bir oklüzyon elde edilir.

7. TARTIŞMA

Transvers maksillomandibular yetersizlikler dentofasiyal deformitelerin tedavisinde sık görülen problemlerdendir. Proffit ve arkadaşlarının, dentofasiyal deformiteye sahip, cerrahi tedavi isteyen 1000 hasta üzerinde yaptıkları çalışmada, hastaların %30'unun transvers maksiller yetmezlik şikayetine sahip olduğunu tespit etmişlerdir [50]. Genellikle transvers yetmezlik veya fazlalığın düzeltilmesi, asimetri, transvers ve vertikal deformitelerin ve oklüzyon eğrisinin düzeltilmesinde çok parçalı Le Fort I osteomisi tercih edilmektedir. Bununla birlikte, maksiller ekspansiyon en az stabil cerrahi prosedür olarak kabul edilmektedir [51].

Stabilite problemleri; çiğneme kas aktivitesi, yanlış ortodonti, intraoperatif komplikasyonlar, yetersiz maksilla mobilizasyonu gibi birçok faktörün cerrahi sonrası instabiliteye katkıda bulunduğu ilkesine dayanmaktadır ve ayrıca cerrahi hareket miktarı, yetersiz veya hiç kemik grefti uygulanmaması, yumuşak doku gerilimi ve segmental stabilizasyon gibi nedenlere dayandırılmaktadır [52, 53, 54]. Stabilizasyon konusunda yaşanan bu problemler, çalışmamıza göre en çok operasyon sırasında İMF ile ideal bir oklüzyonun tam olarak sağlanamamasından kaynaklanmaktadır. İstenilen final oklüzyonunun gerçekleştirilememesi ileride relaps ve stabilizasyon problemlerine neden olabilmektedir [51, 53, 54, 55, 56, 57, 58]. Bu nedenle operasyon sırasında daha ideal bir İMF tekniğine ihtiyaç duyulmaktadır.

Literatürde çok parçalı Le Fort I osteotomisinin operasyonu sırasındaki geçici intermaksiller fiksasyon tekniklerinin kıyaslandığı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu sebeple çok parçalı Le Fort I osteotomisinde İMF tekniklerini araştırmaktayız. Yapılan çalışmalarda, İMFV, EAB, embraşür teknik, braket destekli tel ile İMF tekniği, İMFV ile kombine EAB tekniklerini kıyaslayan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

Çalışmamızda klasik ve çok parçalı Le Fort I modellerinin tümünde hibrit İMF tekniğinin en ideal sabitleme tekniği olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeninin hem kemiksel hem dişsel ankraj alınmasının avantajlarından aynı anda

yararlanılması sonucu operasyon sırasında daha iyi bir İMF sağlanabilmesi kaynaklı olduğunu düşünmekteyiz. Hibrit İMF tekniği, travma başlığı altında, literatürde bulduğumuz intermaksiller fiksasyon vidalarıyla kombine EAB tekniğine benzemektedir ve hibrit İMF tekniğinin etkili olabileceğini gösteren çalışmalar mevcuttur.

Albert H ve arkadaşlarının retrospektif olarak mandibular fraktür nedeniyle ameliyat edilmiş olan 50 hasta üzerinde (25 i EAB ve tel ile İMF tekniği (grup I), 25 i titanyum arch barların maksiller ve mandibular intermaksiller fiksasyon vidası ile kombine İMF tekniği (group II)) yaptıkları çalışmada, mandibular fraktürlerde yapılan kemik destekli arch bar ile İMF ve EAB ve diş çevrelerinde geçirilen tel ile yapılan İMF tekniklerini kıyaslamışlardır. Kemik destekli arch bar fiksasyon tekniğinin, diş çevresi telleri ile sabitlenmiş EAB'li İMF tekniğine alternatif olabileceği görülmüştür. Bu iki teknik kıyaslandığında grup I de iki hastada maloklüzyon görülürken, grup II de herhangi bir maloklüzyon olmadığı görülmüştür [39]. Bunun nedeninin kemik destekli arch bar İMF uygulamasının hem klasik arch bar (bizim çalışmamızdaki diş destekli İMF tekniği ile benzer bir yöntem) ile yapılan hemde İMFV ile yapılan (bizim çalışmamızdaki kemik destekli İMF tekniği ile benzer bir yöntem) İMF tekniklerinin aynı anda avantajlarından yararlanabilmesinden kaynaklı olduğunu düşünmekteyiz.

Rothe ve arkadaşları, klasik EAB ile, İMFV ile ve EAB ve İMFV ile birlikte modifiye teknik ile gerçekleştirdikleri üç ayrı İMF tekniğini kıyaslamışlardır. Buna göre en iyi İMF tekniği klasik EAB tekniği çıkmıştır, ikinci olarak da İMFV ile modifiye EAB ve son olarak İMFV'li teknik olmuştur. Buna göre, modifiye EAB, İMF vidaları ile karşılaştırıldığında anlamlı derecede stabil olmasından ötürü, uzun süreli İMF gerektiren hastalar için modifiye arch barlarının uygun bir seçenek olabileceğini görmüşlerdir [59].

Embraşür İMF tekniğini de yine hibrit tekniğe benzettiğimiz çalışmalarda, embraşür tekniğin daha avantajlı ve dezavantajlı olduğunu belirten çalışmalar mevcuttur [60, 61]. Tracy ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre ise, Arch bar grubundaki hastalarda (%7.5), embraşür grubuna (%6) göre postoperatif

maloklüzyon insidansı biraz daha yüksek bulunmuştur. [60]. Satpute ve arkadaşlarının mandibular kırıklar üzerinde EAB ile embraşür tel tekniğini kıyasladıkları çalışmaya göre, embraşür teknikte sürenin çok daha kısa olduğunu, ancak stabil oklüzyonun sağlanmasının daha kötü olduğu görülmüştür [61].

Klasik Le Fort I ve lateral-kanin dişler arası, kanin-premolar dişler arası çok parçalı Le Fort I modellerinde ikinci en stabil oklüzyon sağladığımız teknik, diş destekli İMF tekniği olmuştur. Bunu son olarak da kemik destekli İMF tekniği izlemiştir. Diş destekli İMF yöntemi, arch bar ile fiksasyon tekniğine benzetilmektedir. Literatürde travma başlığı altındaki çalışmalarda yaptığımız araştırmalarda, klasik EAB tekniğinin daha iyi olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur [62].

Nandini ve arkadaşlarının, 20 mandibular fraktür hastasını randomize olarak iki eşit gruba ayırdıkları ve bu grupların intermaksiller fiksasyonu sırasında birinde klasik EAB (grup I), diğerinde ise İMFV (grup II) kullanarak iki farklı intermaksiller fiksasyon tekniğini avantaj ve dezavantajlarına göre kıyasladıkları çalışmada, operasyon sonrası ilk hafta ve operasyon sonrası 6. haftada stabilitenin; grup I de yüzde 80 oranında yeterli , yüzde 20 oranında yetersiz, grup II de yüzde 70 oranında yeterli, yüzde 30 oranında yetersiz olduğu görülmüştür [62].

Klasik Arch bar ile İMF tekniğinin literatürde daha avantajlı olduğunu gösteren çalışmalar olduğu gibi, İMFV ile yapılan İMF tekniğinin daha iyi olduğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur [61- 68].

Van der Berg ve arkadaşlarının ankraj vidası ile yapılan İMF tekniği ile arch bar ile yapılan İMF tekniğini kıyasladıkları randomize klinik çalışmasına göre; ankraj vidası ile yapılan İMF tekniğinin klasik EAB tekniğine göre daha az oranda komplikasyon (iğne batma yarası, maloklüzyon, ağrı skorları) geliştirdiği görülmüştür [63]. Bunun nedeninin, titanyum vidaların iskeletsel olarak ankrajı iyi arttırmasından kaynaklı olduğunu düşünüyoruz.

Literatürde titanyum vidaların ankrajı arttırmak amacıyla sıklıkla kullanıldığını belirten çalışmalar vardır [63- 66]. Yine İMFV tekniğinin, operasyon süresini kısalttığını gösteren, dişeti sağlığını ve iğne batması tipi yaralanması gibi komplikasyonları azalttığı bir alternatif teknik olduğunu bildiren çalışmalar mevcuttur [34, 67]. Yine Bazı araştırmacılar İMFV'nin travma ve ortognatik hastalarında, EAB'ye güvenilir bir alternatif olduğuna inanmaktadır [68- 73].

Choi ve arkadaşlarının 66 mandibular çene kırığı hastası üzerinde geleneksel EAB ile İMF (21 hastada) ve İMFV ile modifiye edilmiş İMF tekniklerini (35 hastada) kıyasladıkları çalışmaya göre; İMFV'li sistemde işlem süresi daha kısa ve maloklüzyon oranı daha az çıkmıştır [73]. (İMFV'li sistemde %14,3 ve klasik arch barlı sistemde %19,1)

Ingole ve arkadaşlarının 50 mandibular kötü fraktür hastası üzerinde (25 kişi İMFV ile, 25'i braket destekli tel ile İMF) yaptıkları çalışmaya göre, İMFV'nin, mandibular kırıkların kapalı redüksiyon tedavilerinde ve intraoperatif açık redüksiyonlu tedavilerinde, İMF'yi sağlamak amacıyla tatmin edici oklüzyon, uygun maliyet ve kolay uygulanabilirliği ile diğer İMF tekniklerine alternatif olarak uygulanabileceği bildirilmiştir [74].

Ueki ve arkadaşlarının mandibular setback hastaları üzerinde yaptıkları çalışmada, operasyon sonrası İMFV kullanarak İMF yaptıkları ve İMFV kullanmayarak yaptıkları İMF yaptıkları iki grubu karşılaştırdıkları çalışmada oklüzal planda istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu görülmüştür. İMFV kullanılan grupta daha iyi oklüzyon görülmüştür [75].

Son ve arkadaşlarının 74 sınıf III maloklüzyonu olan hasta üzerinde yaptıkları çalışmada, Le Fort I osteotomisi ve bilateral sagittal split ramus osteotomisi yapılmıştır. Hastalar iki gruba ayrılmıştır. Birinci grupta ark teli ile fiksasyon yapılmıştır. İkinci grupta ise mini vida ile fiksasyon yapılmıştır. Hastalar, ameliyatın hemen sonrası, ameliyat sonrası birinci, üçüncü ve altıncı aylarda kontrollere çağırılıp, sefalometrileri alınmıştır ve vertikal ve horizontal olarak dış

konumlarına bakılmıştır. Ameliyat sonrası yapılan kontroller sonucunda, her iki grupta da insizal dişlerde procline olma eğilimi görülmüştür. Ancak mini vida grubunda, istatistiksel olarak daha iyi bir overbite gözlenmiştir. [76]

Çalışmanın sonucuna göre, mini vida ile ve ark teli ile fiksasyonun benzer iskeletsel ve dental değişimler gösterdiği tespit edilmiştir.

Son olarak çalışmamızda diğer modellerin aksine, santral-santral dişler arası çok parçalı Le Fort I modelinde ikinci sırayı kemik destekli İMF tekniği izlemiştir, bu modelde uyguladığımız tekniklerde idealden en uzak olan tekniğin, diş destekli İMF tekniği olduğu görülmüştür.

Bunun nedeninin, operasyon sırasında klasik İMF'nin, travmada kullandığımız klasik EAB'lerin dezavantajıyla benzerliğinden kaynaklı olduğunu düşünüyoruz. Santral – santral dişler arası olan paramedian osteotomiyle, diş destekli İMF'de olan dişlerin lateral ve ekstrüzyon yönünde hareket etmesi ile, iyi bir oklüzal oturumun sağlanamamasından kaynaklandığını düşünüyoruz. Kemik destekli İMF tekniğinde ise, iskeletsel olarak daha stabil ve güçlü bir ankraj alınmasından kaynaklı daha iyi bir oklüzyon elde edildiğini düşünmekteyiz. Baurmash ve arkadaşlarının yaptığı çalışmanın sonuçları da bu tezimizi desteklemektedir. Bu çalışmaya göre bunun nedeninin, EAB kullanımının dezavantajları arasında dişlerin lateral ve ekstrüzyon yönünde hareket etmesi, tele uygulanan sabit traksiyonun kırık parçaları dağıtabilmesi ve muhtemel ek komplikasyonlara neden olabilmesi sayılabilir [33].

Literatürde bu konuyla ilgili direkt olarak bir çalışma bulunmamaktadır. SEA yönteminin, klinik simülasyonların pratik olmadığı ve üstlenilmesinin zor olduğu tıp alanında stresleri araştırmak için yaygın olarak kullanılması nedeniyle parçalı Le Fort I operasyonu sırasında en ideal İMF yöntemini bulabilmek için bu yöntemden yararlandık [77]. Literatürde de kemik örneklerinin biyomekanik davranışını tanımlamada SEA doğruluğunu bildiren çalışmalar bulunmaktadır [78, 79].

Bulduğumuz ve aldığımız sonuçlara göre, literatürde yaygın olarak kullanılan üç farklı çok parçalı Le Fort I cerrahi modelinde ve klasik Le Fort I cerrahi modelinde, operasyon sırasında hibrit İMF yönteminin tercih edilmesiyle relaps ve stabilizasyon sorunlarının en aza indirgenebileceğini düşünüyoruz. Ancak bununla ilgili daha fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç vardır. Ancak SEA’da olan limitasyonlar nedeni ile konuyla ilgili daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir [45].



8. SONUÇ

Sonuçlarımıza dayanarak, literatürde yaygın olarak kullanılan üç farklı çok parçalı Le Fort I cerrahi modelinde ve tek parça Le Fort I cerrahi modelinde ameliyat sırasında hibrit İMF yönteminin kullanılmasının nüks ve stabilizasyon sorunlarını azaltabileceğini düşünüyoruz. Ancak SEA sonuçları risksiz ve tekrarlanabilen yeni teknikleri belirlemek için kullanılabilse, sınırlılıkları nedeniyle bu konuda daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır ve klinik değerlendirmeler de eklenmelidir. Böylece bu yöntemlerin uzun ve kısa dönem stabiliteleri klinik ortamda değerlendirilecektir.



9. KAYNAKLAR

1. Li B, Shen S., Jiang W, Li J, Jiang T, Xia J J, Wang, X. A new approach of splint-less orthognathic surgery using a personalized orthognathic surgical guide system: A preliminary study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 46(10): 1298-1305, 2017.
2. Brunso J, Franco M, Constantinescu T, Barbier L, Santamaría J A, Alvarez J. Custom-Machined Miniplates and Bone-Supported Guides for Orthognathic Surgery: A New Surgical Procedure. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 74(5): 1061.e1–1061.e12, 2016.
3. Meewis J, Govaerts D, Falter B, Grisar K, Shaheen E, Van de Vyvere G, Politis C. Reaching the vertical versus horizontal target position in multi-segmental Le Fort I osteotomy is more difficult, but yields comparably stable results to one-segment osteotomy. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 47(4): 456–464, 2018.
4. Xia J J, Gateno J, Teichgraeber J F. (2009). New Clinical Protocol to Evaluate Craniomaxillofacial Deformity and Plan Surgical Correction. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 67(10): 2093–2106, 2009.
5. Gateno J, Forrest K K, Camp B. A comparison of 3 methods of face-bow transfer recording: Implications for orthognathic surgery. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 59(6):n635–640, 2001.
6. Zizelmann C, Hammer B, Gellrich N C, Schwestka-Polly R, Rana M, Bucher P. An Evaluation of Face-Bow Transfer for the Planning of Orthognathic Surgery. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 70(8): 1944–1950, 2012.
7. Hernández-Alfaro F, Guijarro-Martínez R. New protocol for three-dimensional surgical planning and CAD/CAM splint generation in orthognathic surgery: an in vitro and in vivo study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 42(12): 1547–1556, 2013.
8. Zinser M J, Mischkowski R A, Sailer H F, Zöller J E. Computer-assisted orthognathic surgery: feasibility study using multiple CAD/CAM surgical splints.

Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology. 113(5): 673–687, 2012.

9. Hu P, Li J, Du W, Ji H, Xu C, Luo E. The Drilling Guiding Templates and Pre-Bent Titanium Plates Improves the Operation Accuracy of Orthognathic Surgery With Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing Occlusal Splints for Patients With Facial Asymmetry. *Journal of Craniofacial Surgery*. 30(7): 2144–2148, 2019.

10. Mazzoni S, Bianchi A, Schiariti G, Badiali G, Marchetti C. Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing Cutting Guides and Customized Titanium Plates Are Useful in Upper Maxilla Waferless Repositioning. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 73(4): 701–707, 2015.

11. Zinser M J, Sailer H F, Ritter L, Braumann B, Maegele M, Zöller J E. A Paradigm Shift in Orthognathic Surgery? A Comparison of Navigation, Computer-Aided Designed/Computer-Aided Manufactured Splints, and “Classic” Intermaxillary Splints to Surgical Transfer of Virtual Orthognathic Planning. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 71(12): 2151.e1–2151.e21, 2013.

12. Polley J W, Figueroa A A. Orthognathic Positioning System: Intraoperative System to Transfer Virtual Surgical Plan to Operating Field During Orthognathic Surgery. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 71(5): 911–920, 2013.

13. Sahoo N K, Mohan R. IMF Screw: An Ideal Intermaxillary Fixation Device During Open Reduction of Mandibular Fracture. *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery*. 9(2): 170–172, 2010.

14. Thota L G, Mitchell D A. Cortical Bone Screws for Maxillomandibular Fixation in Orthognathic Surgery. *British Journal of Orthodontics*. 26(4): 325–325, 1999.

15. Cornelius C P, Ehrenfeld M. The Use of MMF Screws: Surgical Technique, Indications, Contraindications, and Common Problems in Review of the Literature. *Craniofacial Trauma and Reconstruction*. 3(02): 055–080, 2010.

16. Huang C S, Hsu S S P, Chen Y R. Systematic review of the surgery-first approach in orthognathic surgery. *Biomedical Journal*. 37(4): 184–190, 2014.
17. Naini F B. In *Orthognathic Surgery, Historical Evolution of Orthognathic Surgery*. John pp. 23–82, Wiley & Sons, Ltd: Chichester, UK, 2016.
18. Dolanmaz D, Esen A. Önce Cerrahi Yaklaşımının Ortognatik Cerrahideki Yeri. *Türkiye Klinikleri Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Özel Dergisi*. 3(3): 102-110, 2017.
19. Séblain D, Bourlet J, Sigaux N, Khonsari RH, Chauvel Picard J, Gleizal A. Minimally invasive versus standard approach in LeFort 1 osteotomy in patients with history of cleft lip and palate. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*. 119(3): 187–191, 2018.
20. Keller EE, Sather AH. Quadrangular Le Fort I osteotomy: Surgical technique and review of 54 patients. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 48(1): 2–11, 1990.
21. Sullivan, S. M. (2007). Segmentalization-Lateral/Cuspid. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 65(9): 6–7, 2007.
22. Wu Z X, Zheng L W, Li Z B, Ye Weng S J, Yang X W, Dong Y J, Zwahlen R A. Subapical anterior maxillary segmental osteotomy: a modified surgical approach to treat maxillary protrusion. *J Craniofac Surg*. 21(1): 97-100, 2010.
23. Harshitha K R, Srinath N, Sunil Christopher, Kumar H. Evaluation of soft and hard tissue changes after anterior segmental osteotomy. *J Clin Diagn Res*. 8(9): ZC07–ZC10, 2014.
24. Nout E. On the Le Fort III osteotomy. *Optima Grafische Communicatie*, Rotterdam, 2010.
25. Epker B N. A modified anterior maxillary ostectomy. *J Maxillofac Surg*. 5(1): 35-8, 1977.
26. Reyneke J P. *Essentials of orthognathic surgery*. Quintessence, Chicago, 2003.

27. Wolford L M, Alexander C M, Stevao E L L, Gonçalves J, Rodrigues D B. Orthodontics for Orthognathic Surgery. In: Ghali GE, Larsen PE, Waite PD. Principles of Oral and Maxillofacial Surgery, p. 1263-4, 4th ed. Hamilton, Michael Miloro Editor, 2012.
28. Ellis E, Carlson D S, Frydenlund S. Stability of midface augmentation: an experimental study of musculoskeletal interaction and fixation methods. J Oral Maxillofac Surg. Oct. 47(10): 1062-1068, 1989.
29. Larsen A J, Van Sickels J E, Thrash W J. Postsurgical maxillary movement: a comparison study of bone plate and screw versus wire osseous fixation. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 95(4): 334-43, 1989.
30. Kahnberg K E, Vannas-Löfqvist L, Zellin G. Complications associated with segmentation of the maxilla: a retrospective radiographic follow up of 82 patients. International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 34(8): 840–845, 2005.
31. Sauer: Deutsch Monatsch F Zahnheilk 7:381, 1889.
32. Gilmer T L. Lectures on Oral Surgery. Chicago, 1901.
33. Baurmash H, Farr D, Baurmash M. Direct bonding of arch bars in the management of maxillomandibular injuries. Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 46(9): 813–815, 1989.
34. Arthur G, Bernando N. Simplified method of maxillo-mandibular fixation. J Oral Maxillofac Surg. 47:1234,1989.
35. Jones C. The intermaxillary screw: a dedicated bicortical bone screw for temporary intermaxillary fixation. Brit. J. Oral Maxillofac. Surg. 37(2): 115–6, 1999.
36. Hollows P, Brennan J. Temporary maxillomandibular fixation: a quick reliable method. Br J Oral Maxillofac Surg. 37(5): 422– 423, 2008.

37. Eusterman V D. Resident Manual of Trauma to the Face, Head and Neck. Holt GR (Eds). American Academy of Otolaryngology Head and Neck Surgery Foundation. 1:121-39,2012.
38. IVY R H. Observations On Fractures of the Mandible. Jama: The Journal of the American Medical Association. 79(4):295,1922
39. Chao A H, Hulsen J. Bone-Supported Arch Bars Are Associated With Comparable Outcomes to Erich Arch Bars in the Treatment of Mandibular Fractures With Intermaxillary Fixation. Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 73(2): 306–313, 2015.
40. King B J, Christensen B J. Hybrid Arch Bars Reduce Placement Time and Glove Perforations Compared to Erich Arch Bars during the Application of Maxillomandibular Fixation: a Randomized Controlled Trial. Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 77(6): 1228.e1-1228.e8, 2019.
41. McGinn J D, Fedok F G. Techniques of maxillary–mandibular fixation. Operative Techniques in Otolaryngology-Head and Neck Surgery. 19(2): 117–122, 2008.
42. Falguni M, Hrishabh J. Finite element method: An overview. Journal of Dental and Medical Sciences. 15(3): 38–41, 2016.
43. Bezerra T P, Silva F I Jr, Scarparo H C, Costa F W, Studart-Soares E C. Do erupted third molars weaken the mandibular angle after trauma to the chin region? A 3D finite element study. Int. J. Oral Maxillofac. Surg. 42(4): 474–480, 2013.
44. Oguz Y, Uckan S, Ozden A U, Uckan E, Eser A. Stability of locking and conventional 2.0-mm miniplate/screw systems after sagittal split ramus osteotomy: Finite element analysis. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endodontol. 108(2): 174–177, 2009.
45. Lisiak-Myszke M, Marciniak D, Bieliński M, Sobczak H, Garbacewicz L, Drogoszewska B. Application of Finite Element Analysis in Oral and Maxillofacial Surgery-A Literature Review. Materials. 13(14): 3063, 2020.

46. Esteves L S, Santos J N dos, Sullivan S M, Martins L M R, Ávila C. Why segment the maxilla between laterals and canines? *Dental Press Journal of Orthodontics*. 21(1): 110-125, 2016.
47. Koriath T W P, Romilly D P, Hannam A G. Three-dimensional finite element stress analysis of the dentate human mandible. *American Journal of Physical Anthropology*. 88(1): 69–96, 1992.
48. Saini H, Ackland D C, Gong L, Cheng L K, Röhrle O. Occlusal load modelling significantly impacts the predicted tooth stress response during biting: a simulation study. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. 23(7): 261–270, 2020.
49. Benazzi S, Kullmer O, Grosse I R, Weber G W. Using occlusal wear information and finite element analysis to investigate stress distributions in human molars. *Journal of Anatomy*. 219(3): 259–272, 2011.
50. Proffit W R, Phillips C, Dann C. Who seeks surgical-orthodontic treatment? *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*. 5(3): 153-160, 1990.
51. Proffit W R, Turvey T A, Phillips C. Orthognathic surgery: A hierarchy of stability. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*. 11(3): 191-204, 1996.
52. Silvav I, Suska F, Cardemil C, Rasmusson L. Stability after maxillary segmentation for correction of anterior open bite: a cohort study of 33 cases. *J Craniomaxillofac Surg*. 41(7): e154–8, 2013.
53. Chow J, Haegg U, Tiedeman H. The stability of segmentalized Le Fort I osteotomies with miniplate fixation in patients with maxillary hypoplasia. *J Oral Maxillofac Surg*. 53(12): 1407–12, 1995.
54. Haas Junior O L, Guijarro-Martínez R, Sousa Gil A P, Silva Meirelles L, Oliveira R B, Hernández-Alfaro F. Stability and surgical complications in segmental Le Fort I osteotomy: a systematic review. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 46(9): 1071–1087, 2017.

55. Marchetti C, Pironi M, Bianchi A, Musci A. Surgically assisted rapid palatal expansion vs. segmental Le Fort I osteotomy: transverse stability over a 2-year period. *J Craniomaxillofac Surg.* 37(2): 74-8, 2009.
56. Chamberland S, Pro t WR. Closer look at the stability of surgically assisted rapid palatal expansion. *J Oral Maxillofac Surg.* 66(9): 1895-900, 2008.
57. Stokbro K, Aagaard E, Torkov P, Bell R B, Thygesen T. Surgical accuracy of three-dimensional virtual planning: a pilot study of bimaxillary orthognathic procedures including maxillary segmentation. *Int J Oral Maxillofac Surg* 45(1): 8-18, 2016.
58. Starch-Jensen T, Blæhr T L. Transverse Expansion and Stability after Segmental Le Fort I Osteotomy versus Surgically Assisted Rapid Maxillary Expansion: a Systematic Review. *Journal of Oral and Maxillofacial Research.* 7(4): e1, 2016.
59. Rothe T M, Kumar P, Shah N, Shah R, Mahajan A, Kumar A. Comparative Evaluation of Efficacy of Conventional Arch Bar, Intermaxillary Fixation Screws, and Modified Arch Bar for Intermaxillary Fixation. *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery.* 18(3): 412-418, 2018.
60. Tracy K, Gutta R. Are Embrasure Wires Better Than Arch Bars for Intermaxillary Fixation? *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* 73(1): 117-122, 2015.
61. Satpute A S, Mohiuddin S A, Doiphode A M, Kulkarni S S, Qureshi A A, Jadhav S B. Comparison of Erich arch bar versus embrasure wires for intraoperative intermaxillary fixation in mandibular fractures. *Oral and Maxillofacial Surgery.* 22(4): 419-428, 2018.
62. Nandini G D, Balakrishna R, Rao J. Self Tapping Screws v/s Erich Arch Bar for Inter Maxillary Fixation: A Comparative Clinical Study in the Treatment of Mandibular Fractures. *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery.* 10(2): 127–131, 2011.

63. Van den Bergh B, Heymans M W, Duvekot F, Forouzanfar T. Treatment and complications of mandibular fractures: A 10-year analysis. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 40(4): e108-e111, 2012.
64. Park H S, Bae S M, Kyung H M, Sung J H. Micro-implant anchorage for treatment of skeletal class I bialveolar protrusion. *J Clin Orthod*. 35(7): 417-422, 2001.
65. Kuroda S, Katayama A, Takano-Yamamoto T. Severe anterior open-bite case treated using titanium screw anchorage. *Angle Orthod*. 74(4): 558-567, 2004.
66. Erkan, M, Karaçay Ş, Atilla, O A, Uzel G, Ülkür E, Yldrm E. Orthognathic Surgery of a Patient With Oligodontia. *Journal of Craniofacial Surgery*. 23(5): e407–e410, 2012.
67. Falci S, Douglas-de-Oliveira D, Stella P, Rocha-dos Santos C. Is the Erich arch bar the best intermaxillary fixation method in maxillofacial fractures? A systematic review. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugia Bucal*. 20(4): e494–e499, 2015.
68. Rai A, Datarkar A, Borle R M. 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, 2011.
69. Roccia F, Tivolaccini A, Dell’Acqua A, Fasolis M. An audit of mandibular fractures treated by intermaxillary fixation using intraoral cortical bone screws. *J Craniomaxillofac Surg*. 33(4): 251-254, 2005.
70. Coburn D G, Kennedy D W G, Hodder S C. Complications with intermaxillary fixation screws in the management of fractured mandibles. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 40(3): 241-243, 2002.
71. Jones D C. The intermaxillary screws: A dedicated bicortical bone screw for temporary intermaxillary fixation. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 37(2):115-6, 1999.

72. Gordon K F, Read J M, Anand V K. Results of intraoral cortical bone screw fixation technique for mandibular fractures. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 113(3): 248-252, 1995.
73. Choi J W, Kim H B, Jeong W S, Kim S C, Koh K S. Comparison Between Intermaxillary Fixation With Screws and an Arch Bar for Mandibular Fracture. *Journal of Craniofacial Surgery.* 30(6): 1787–1789, 2019.
74. Ingole P D, Garg A, Sheno S R, Badjate S J, Budhraj N. 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, 2014.
75. Ueki K, Marukawa K, Shimada M, Nakagawa K, Yamamoto E. The Use of an Intermaxillary Fixation Screw for Mandibular Setback Surgery. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* 65(8): 1562–1568, 2007.
76. Son S, Kim S S, Son W S, Kim Y I, Kim Y D, & Shin S H. Miniscrews versus surgical archwires for intermaxillary fixation in adults after orthognathic surgery. *Korean J Orthod.* 45(1):3-12, 2015.
77. Han U A, Kim Y, Park J U. Three-dimensional finite element analysis of stress distribution and displacement of the maxilla following surgically assisted rapid maxillary expansion. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery.* 37(3): 145–154, 2009.
78. Erkmen E, Simsek B, Yucel E, Kurt A. Comparison of different fixation methods following sagittal split ramus osteotomies using three-dimensional finite element ana- lysis. Part 1: advancement surgery – posterior loading. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 34(5): 551–8, 2003.
79. Vollmer D, Meyer U, Joos U, Vegh A, Piffko J. Experimental and finite element study of a human mandible. *J Craniomaxillofac Surg.* 28(2): 91–6, 2000.