



Kallus Stabilizasyonu'nda Optimum Vida Konfigürasyonunun Belirlenmesi

Abdullah Tahir ŞENSOY*1, İrfan KAYMAZ¹, Ümit ERTAŞ²

¹ Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, 25240, Erzurum

² Atatürk Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Cerrahisi, 25240, Erzurum

(Alınış Tarihi: 12.09.2014, Kabul Tarihi: 27.11.2014)

Anahtar Kelimeler

Mandibular Distraksiyon
Osteogenezisi,
Kallus stabilizasyonu
Sonlu elemanlar yöntemi

Özet: Mandibular distraksiyon osteogenezisi alt çene gelişim yetersizliği tedavisinde sıklıkla uygulanan klinik bir yöntemdir. Klinikteki yaygın kullanımına rağmen distraksiyon osteogenezisi hakkında cevaplandırılmayı bekleyen pek çok soru bulunmaktadır. Bunlardan birisi de kallus stabilizasyonunu sağlayarak, yeniden kemikleşmenin sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesine imkan verecek en iyi vida konfigürasyonunun belirlenmesidir. Bu çalışmada, kallus stabilizasyonunu sağlamak için hangi konumlarda ve kaç adet vida kullanımının gerekli ve yeterli olacağı hususunda öneriler sunulacaktır. Hastaya özel DICOM formatındaki bilgisayarlı tomografi verisi işlenerek üç boyutlu katı model haline getirilmiştir. Segmentasyon işlemiyle dişler, kortikal ve trabeküler kemik katmanları ayrı ayrı modellenmiştir. Sanal cerrahi işlemiyle ramus ve korpus segmentleri birbirinden ayrılmış, sanal distraksiyon gerçekleştirilerek korpus 11 mm öne konumlandırılmıştır. Kallus modellenmesini takiben, modellenen distraktörler model üzerine yerleştirilmiştir. Tüm parçalar için hacimsel mesh oluşturulmuş ve sonlu elemanlar programına aktarılmıştır. Sonlu elemanlar analizleri bilateral simetrik olarak gerçekleştirilmiş, sağ ve sol distraktörlerde aynı vida konfigürasyonları seçilmiştir. Yapılan analizlerde, kesi hattı yakınındaki vidaların stabilizasyon üzerine etkisinin daha fazla olduğu ve üçgen pozisyonlamının lineer pozisyonlamaya kıyasla stabilizasyon açısından daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Maksimum stabilizasyon durumu olarak ramusta 14 ve korpusta 8 olmak üzere toplamda 22 vida kullanılan durum, referans stabilizasyon konfigürasyonu olarak belirlenmiş, diğer analizler bu referansa göre karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Ramus kısmında üçgen pozisyonda kullanılan 3 vida ve korpus kısmında kesi hattı yakınında kullanılan 2 vida konfigürasyonunda, referans stabilizasyon konfigürasyonuna çok yakın sonuçlar elde edilmiştir. Mümkün olduğunca az sayıda vida ile maksimum stabilizasyon durumuna en yakın konfigürasyon belirlenmeye çalışılmış ve klinikte kullanımı önerilmiştir.

Determining the optimum screw configuration for the stabilization of callus

Keywords

Distraktion Osteogenesis
Callus Stabilization
Finite Element Method

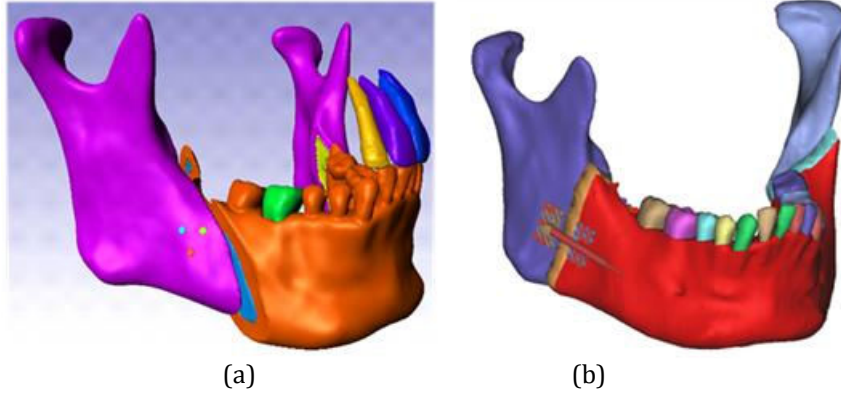
Abstract: Distraction osteogenesis is a common clinical procedure to correct mandibular retrognathia cases. In spite of consolidated clinical use, lots of questions still remain to be answered concerning distraction osteogenesis. One of them is to determine the best screw configuration providing bone-remodelling in a healthy way due to the stabilization of callus. In this study, some suggestions will be presented about the points "what best screw locations are" and "what the optimum screw quantity is". A three dimensional solid model was obtained by processing patient-specific computed tomography data in DICOM format. Teeth, cortical and trabecular bone segments were modelled separately with the segmentation process. Ramus and corpus segments were separated from each other by virtual surgery and corpus segment was positioned 11 mm forward. The distractors modelled were assembled into the mandible after modelling the callus. The volume meshes created for all the parts were transferred to a finite element software. Finite element analyses were run

as bilaterally symmetric which means the same screw configurations were set for both sides of the mandible. The studies carried out in this paper have shown that screws located closer to the osteotomy line provide more stability, and triangular configuration has a better impact on stability than linear configuration. The reference stabilization case was identified as the scenario of using 22 screws in total, including 8 screws in ramus segment and 14 screws in corpus segment. This case was assumed as maximum stabilization case and other analyses were compared with this result. The results of the configuration including triangularly located 3 screws in ramus segment and closely located 2 screws near the osteotomy line in corpus segment have shown similarity with the reference stabilization case. The closest configuration to the reference case has been tried to determine by using as few screws as possible and has been recommended for clinical use.

1. Giriş

Mandibular retrognati olarak adlandırılan alt çene gelişim yetersizliğinde uygulanan klinik yöntemlerden en yaygın iki metot; “çift taraflı alt çene kemiği kesisi” (BSSO) ve “ayırma metoduyla yeni kemik oluşturma” (MDO)’dır. BSSO yönteminde ramus ve korpus birbirlerinden sagittal bir düzlemlerle ayrılarak, birbirleri üzerinde zıt yönlerde kaydırılır. Bu sayede öne veya geriye konumlandırılan korpusun miniplak ve mini vidalarla ramusa fiksasyonu sağlanır (Şekil 1.a).

Mandibular retrognati vakalarında uygulanan diğer bir yöntem olan “ayırma metoduyla yeni kemik oluşturma” (Distraksiyon Osteogenezisi-DO) iskeletsel deformitelerin rekonstrüksiyonu için kullanılan cerrahi bir işlemdir. İşlem, kemik yapı ve etrafındaki yumuşak dokunun eş zamanlı olarak hareketiyle sonuçlanan ve kesi (osteotomi) ile cerrahi olarak oluşturulan kırıkların distraktörler vasıtasıyla kontrollü ve kademeli hareketinden ibarettir (Şekil 1.b).



Şekil 1. Mandibular retrognati vakalarında uygulanan yaygın cerrahi yöntemler (a)Bilateral sagittal split osteotomi-BSSO {ScanIP® (Simpleware, Exeter, UK)} (b) Mandibular Distraksiyon Osteogenezisi-MDO {Mimics® (Materialise, Leuven, Belgium)}

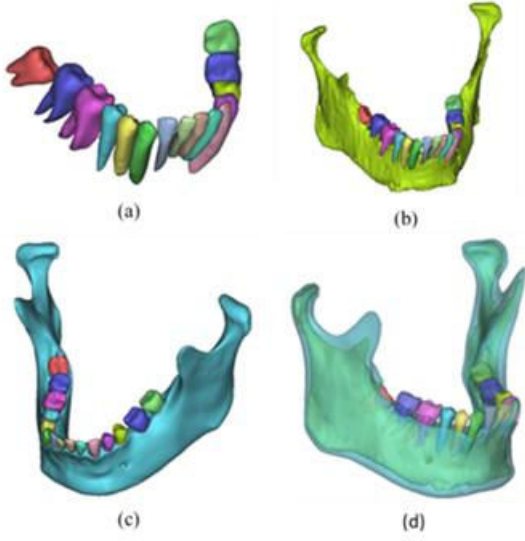
Bu hareket neticesinde korpus ve ramus segmentleri birbirlerinden uzaklaştırılmak suretiyle aralarındaki boşlukta yeniden kemikleşme (bone-remodelling) sağlanır. Oluşan kallus miktarı, distraksiyonun miktarına, kesi hattının angulasyonuna, mandibular anatomik yapıya göre farklılık arz edebilir. BSSO, Trauner ve Obwegeser tarafından gerçekleştirilmiş, Dal Pont, Hunsuck ve Epkertarafından modifiye edilmiştir. Belli ölçüde teknik zorlukları bulunmasına rağmen ortognatik cerrahide güvenilir bir prosedür haline gelmiştir (Yamashita vd., 2011). Distraksiyon osteogenezisi ise 1949’da bir Rus ortopedik cerrah olan Gabriel Ilizarov’un tanımladığı ve ekipmanlarını geliştirdiği bir yöntemdir. Distraksiyon osteogenezisinin, köpek mandibulasında kullanımına yönelik ilk çalışma 1973 yılında Synder tarafından yapılmış; ve 1991 yılında mandibular distraksiyona

ait ilk vaka raporu McCarthy tarafından yayınlanmıştır. Hasta konforu göz önüne alındığında her iki tekniğin de uygun olduğu kanıtlanmıştır (Schreuder vd., 2007). Literatürde BSSO için vida konumlandırılmasıyla alakalı sonlu elemanlar çalışması yapılmış olmasına karşın (Ming-Yih vd., 2010), MDO için vida konumlandırılmasıyla alakalı çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma kapsamında MDO cerrahi yönteminde kallus stabilizasyonunu sağlamak için hangi konumlarda ve kaç adet vida kullanımının gerekli ve yeterli olacağı hususunda sonlu elemanlar esaslı çalışma sonuçları dikkate alınarak öneriler sunulacaktır.

2. Materyal ve Yöntem

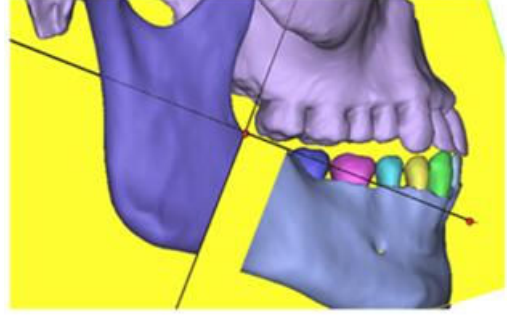
Hastaya özel DICOM formatındaki bilgisayarlı

tomografi verisi Mimics® (Materialise, Leuven, Belgium) yazılımına aktarıldıktan sonra işlenerek üç boyutlu katı model haline getirilmiştir. Segmentasyon işlemiyle dişler, kortikal ve trabeküler kemik katmanları ayrı ayrı modellenmiştir (Şekil 2).



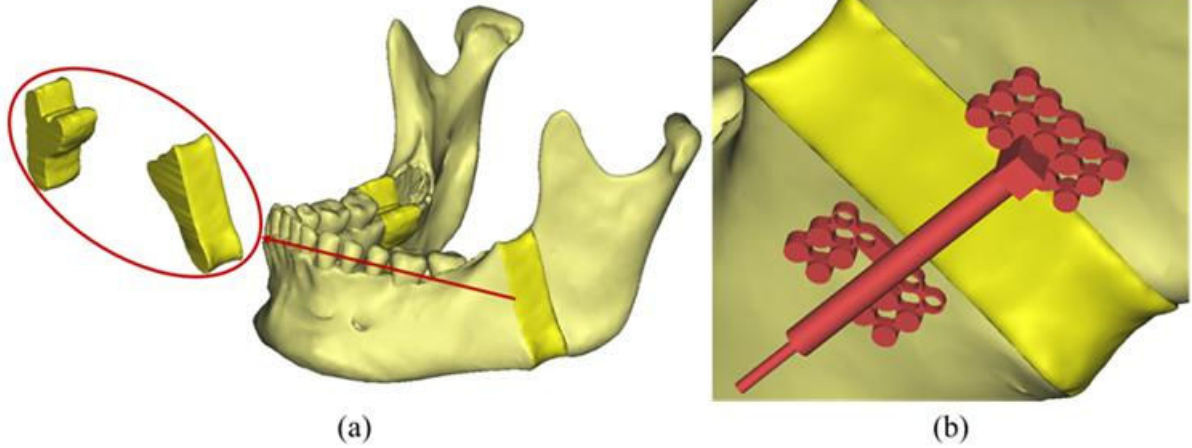
Şekil 2. (a) Dişler (b) Trabeküler kemik ve dişler (c) Mandibula modeli (d) Mandibula modeli saydam görünüş

Sanal cerrahi işlemiyle ramus ve korpus segmentleri birbirinden ayrılmış, sanal distraksiyon gerçekleştirilerek korpus 11 mm öne konumlandırılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Sanal cerrahi ve sanal distraksiyon

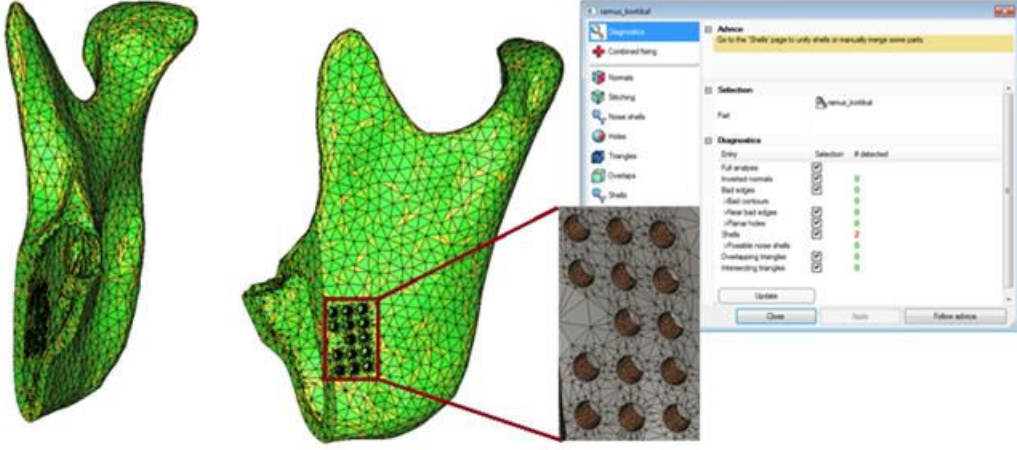
Kallus modellemesini (Şekil 4.a) takiben, SolidWorks (SolidWorks Corp., MA, U.S.) programında modellenen distraktörler model üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 4.b). Montaj yapılırken, distraktörün rot eksenini distraksiyon düzlemine dik olacak şekilde ayarlanmıştır. Ardından korpus, distraktörlerin korpusa montajı yapılacak miniplak kısmından boolean operasyonu ile çıkarılarak yüzeylerdeki kontakların daha düzgün olması sağlanmıştır. Aynı operasyon ramus kısmına yerleştirilecek miniplak için de uygulanmış ve form verilmiş miniplaklar kaydedilmiştir. Minividalara korpus trabeküler, korpus kortikal, ramus trabeküler ve ramus kortikal kısımlarından çıkarılarak postoperatif korpus ve ramus kısımları elde edilmiştir.



Şekil 4. (a) Kallus Modellemesi (b) Distraktörlerin modele montajı

Tüm parçalar STL formatında Mimics yazılımının 3 Matic modülüne aktarılmıştır. Parçalarda geometrik hata kontrolü yapılmış, hata bulunan parçalardaki hatalar giderilerek yüzeysel mesh işlemi için daha düzgün bir geometri elde edilmiştir. Mesh

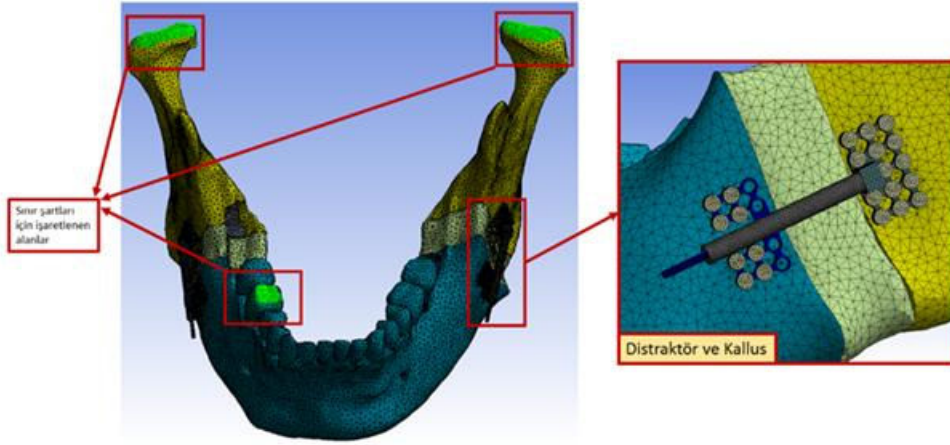
parametreleri her parça için ayrı ayrı değerlendirilerek mesh sayısı ve kalitesi optimize edilmiştir. Şekil 5'te ramus kortikal segmentine ait hataların giderilmesi ve vida yuvalarına lokal mesh tanımlanması işlemleri gösterilmektedir.



Şekil 5. Model hatalarının giderilmesi ve vida yuvalarına lokal mesh tanımlanması

Şekilde büyütülen alanda vida yuvaları bulunduğu için bu bölgeler özellikle işaretlenerek bu bölgeler için farklı mesh parametreleri kullanılmıştır. Bunun sebebi bu bölgelerde gerilme yoğunluğunun öngörülüp, kuvvet iletiminin düzgün bir şekilde sağlanmasının yanı sıra, global mesh parametreleri kullanıldığında vida yuvalarındaki geometrinin anormal derecede sapmaya uğramasıdır. Yüzeysel mesh yapısının oluşturulmasını takiben hacimsel mesh yapısı oluşturulmuş ve her bir parça *.cdb

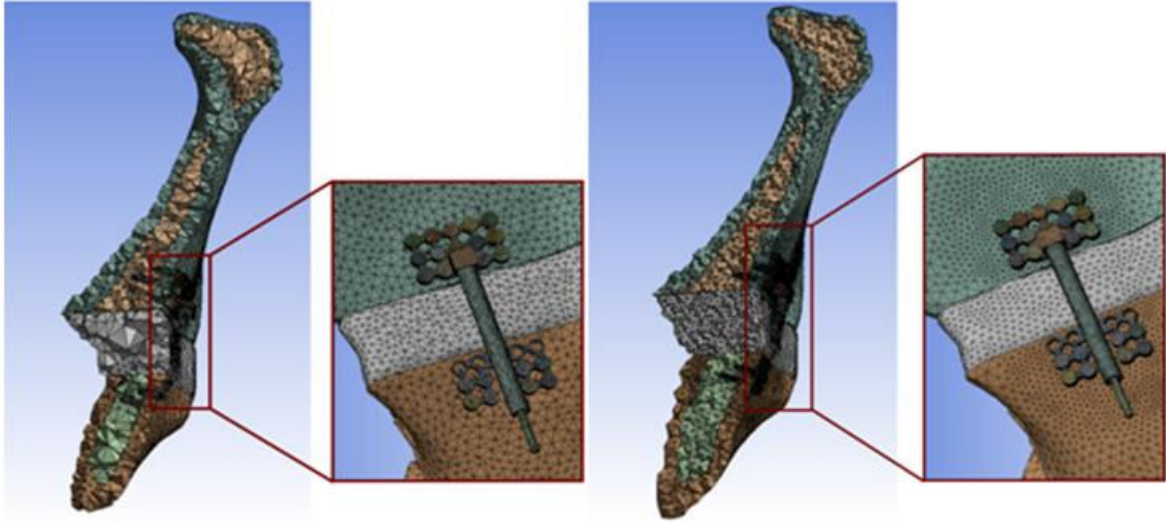
formatında Ansys® (Ansys Inc., Canonsburg, PA, USA) dosyası olarak kaydedilmiştir. Bu *.cdb dosyaları Ansys Workbench 14.0 yazılımının FE modülünde montajlanarak sonlu elemanlar modeli elde edilmiştir. Sınır şartlarının istenen şekilde uygulanabilmesi için kondil yüzeyleri ve kuvvetin uygulanacağı diş yüzeyi ayrı bileşenler olarak tanımlanmıştır (Şekil 6). İlgili parametreler sayesinde problemler giderildikten sonra hatasız bir sonlu elemanlar modeli elde edilmiştir.



Şekil 6. Ansys Workbench FE modülünde oluşturulan montaj mesh ve bileşen tanımlanması

Ansys Workbench'in FE modülünde oluşturulan montaj mesh modeli "Static Structural" analiz sistemine aktarılmıştır. Modele ait 3Matic mesh yapısından kesit ile elde edilen iç yapı ve özellikle distraktör bağlantı bölgesindeki mesh yapısının iyi olmadığı görülmüştür (Şekil 7.a). Ansys

Workbench'te tekrar mesh yapısı oluşturulup görsel olarak (Şekil 7.b) ve ortalama eleman kalitesi, çarpıklık değerleri gibi değerlendirme kriterlerine göre kontrol edilmiştir. Yapılacak analizlerde Ansys mesh yapısının kullanılmasına karar verilmiştir.



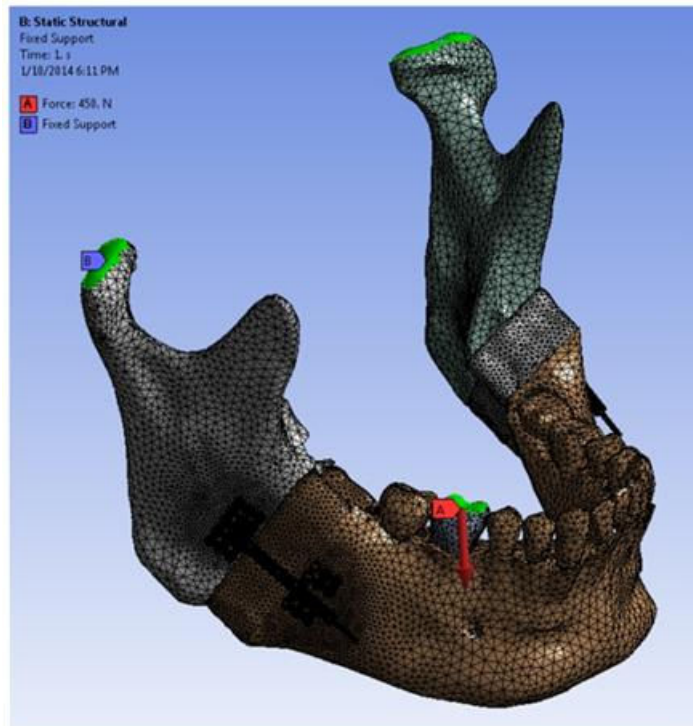
Şekil 7. Modele ait (a) 3Matic (b)Ansys mesh yapısından kesit ile elde edilen içyapı ve distraktör bağlantı bölgesi

Çizelge 1'de mandibular yapılara ve distraktöre ait malzeme özellikleri verilmiştir. Burada trabeküler ve kortikal segmentlere ait elastisite modülleri ve akma

dayanımları arasındaki ciddi fark göze çarpmaktadır. Bu ise, sonuçların hassasiyetinde segmentasyon işleminin önemi ortaya koymaktadır.

Çizelge 1. Sonlu elemanlar modelinde kullanılan malzeme özellikleri (Boccaccio vd., 2006)

Malzeme	Elastisite Modülü(GPa)	Poisson Oranı	Akma Dayanımı(MPa)
Trabeküler Kemik	1.37	0.3	2
Kortikal Kemik	13.7	0.3	122
Diş	18.6	0.31	103
Distraktör	210	0.3	450



Şekil 8. Modele ait sınır şartları

Kallus dokuları için ortalama Elastisite Modülü (E) değeri 0.35 MPa (Bonnet vd., 2013), Poisson oranı (ν) değeri 0.3 (Provatidis vd., 2008) olarak kabul edilmiştir.

Posterior bölgedeki maksimum ve minimum çiğneme kuvvetleri 5 N ile 450 N arasında değişmektedir (Lin vd., 2006). Buradan hareketle en kritik değer olan 450 N değeri kullanılmış, analizler ve karşılaştırmalar bu değere göre yapılmıştır. Modeller kaput mandibuladan (kondil baş kısmı) mesnetlenmiştir (Şekil 8). Çeşitli vida konfigürasyonları için Sonlu Elemanlar modelleri çözümlenerek kallus dokularındaki toplam deplasman miktarları değerlendirilmiştir.

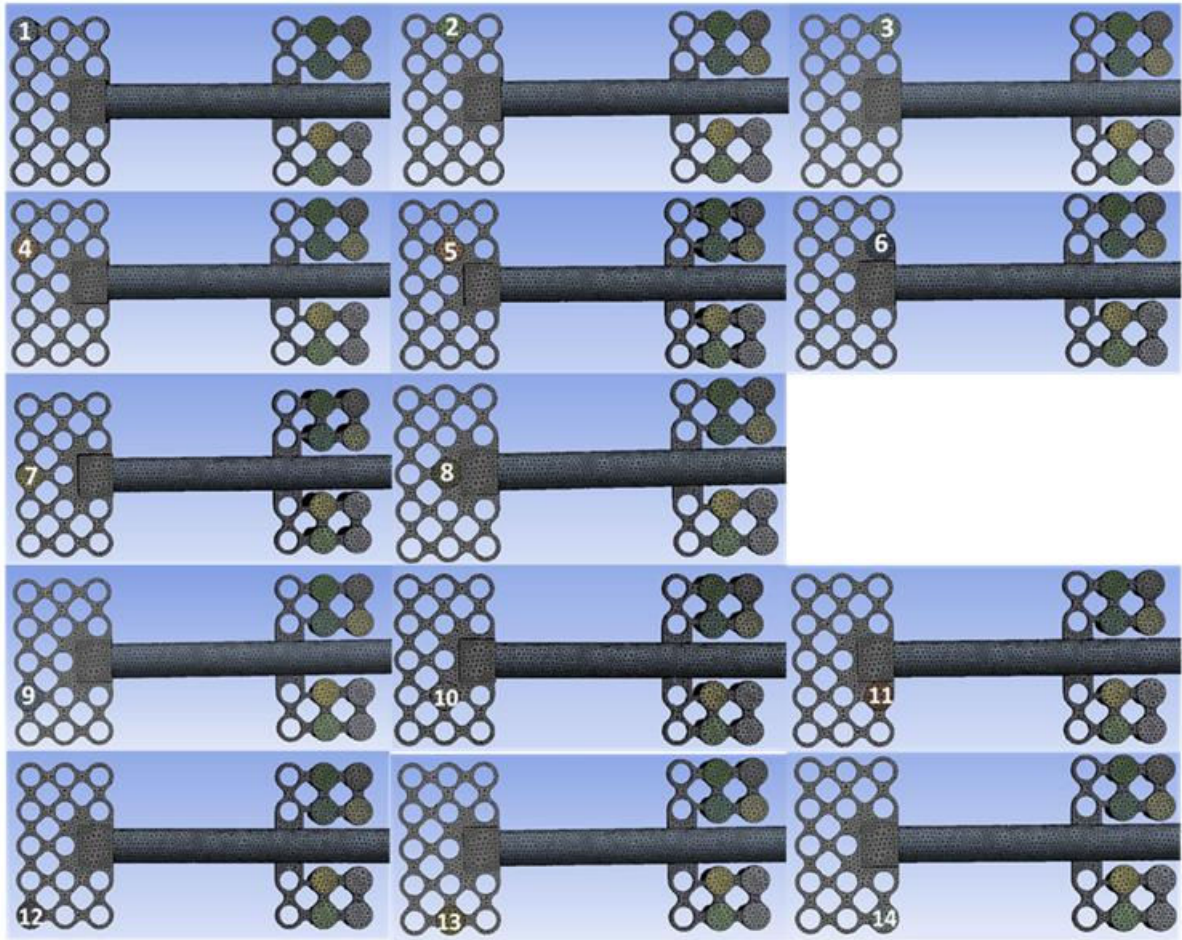
3. Araştırma Bulguları

Plakların her birinde en az 1 vida bulunması durumunda oluşabilecek tüm kombinasyonların toplam sayısı **10.551.204.810.000** olarak hesaplanmıştır. En iyi konfigürasyonun

bulunabilmesi için bu kadar analizin gerçekleştirilmesi olanaksız ve gereksizdir.

Çalışmamızda farklı bir yöntem denenerek en iyi konfigürasyon elde edilmeye çalışılmıştır. Şöyle ki; Sonlu Elemanlar analizleri bilateral simetrik olarak gerçekleştirilmiş, sağ ve sol distraktörlerde aynı vida konfigürasyonları seçilmiştir. Korpus kısmındaki 8 adet vidanın tamamı montaj halindeyken, ramus kısmındaki 14 adet vidanın her biri kombine edilerek (Şekil 9) her bir ramus miniplak vidasının kallus üzerindeki stabilizasyon etkisi not edilmiştir. Akabinde aynı prosedür korpus miniplak vidaları için de izlenmiş, ramus kısmındaki 14 adet vida sabit kalmak koşuluyla korpus kısmındaki 8 adet vidanın her birinin (Şekil 10) kallus stabilizasyonuna olan etkisi incelenmiştir.

Maksimum stabilizasyon durumu olarak ramusta 14 ve korpusta 8 olmak üzere toplamda 22 vida kullanılan durum, "Referans Model" olarak belirlenmiş, diğer analizler bu konfigürasyona göre karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

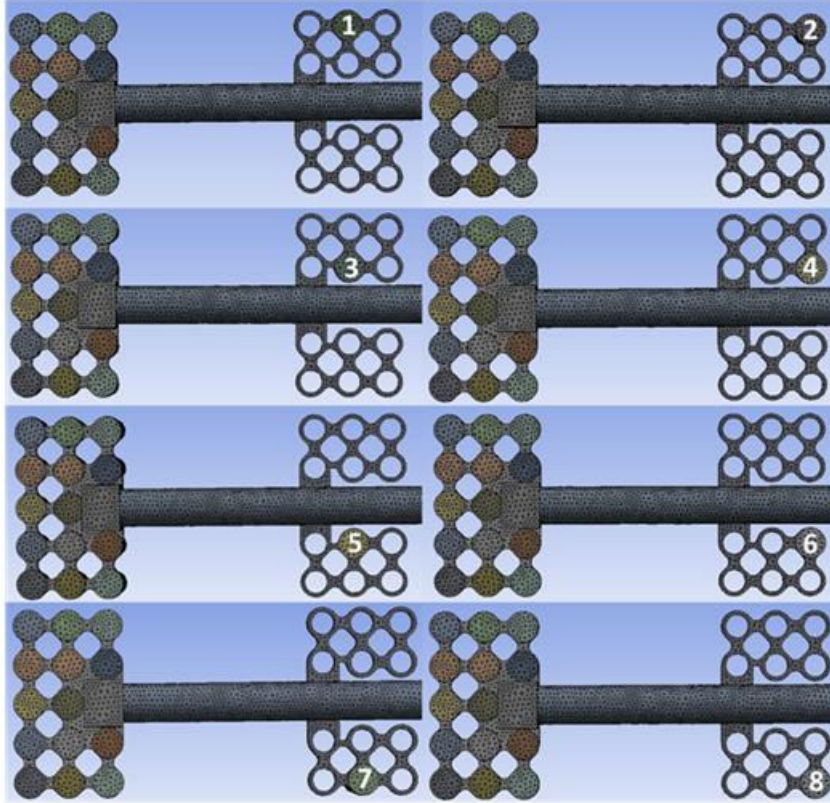


Şekil 9. Ramus miniplak vida kombinasyonları

Ramus miniplakında ön-arka yöndeki vidalar 5 ayrı gruba ayrılarak içlerinde stabilizasyona en çok etki edenler Çizelge 2'de koyu renkle gösterilmiştir.

Çizelge 2. Ramus miniplak vidalarının kallus stabilizasyonuna etkisi

Vida No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Toplam Deplasman (mm)	Sağ Kallus	6,8	6,1	5,9	6,4	5,4	5,0	6,6	5,2	6,9	5,7	5,1	7,7	6,8	6,4
	Sol Kallus	5,6	4,8	4,6	5,2	4,1	3,7	5,3	4,0	5,5	4,4	3,9	6,2	5,3	4,9



Şekil 10. Korpus miniplak vida kombinasyonları

Korpus miniplağında ön-arka yöndeki vidalar 4 ayrı gruba ayrılarak içlerinde stabilizasyona en çok etki edenler Çizelge 3'de koyu renkle gösterilmiştir.

Çizelge 3. Korpus miniplak vidalarının kallus stabilizasyonuna etkisi

Vida No		1	2	3	4	5	6	7	8
Toplam Deplasman (mm)	Sağ Kallus	4,8	5,7	4,9	5,5	4,6	5,2	4,5	5,2
	Sol Kallus	3,4	4,1	3,4	3,9	3,2	3,7	3,2	3,8

5 ramus miniplak vidasının 2 li kombinasyonları:

R1: 3 ve 6; R2: 3 ve 8; R3: 3 ve 11; R4: 3 ve 14; R5: 6 ve 8
R6: 6 ve 11; R7: 6 ve 14; R8: 8 ve 11; R9: 8 ve 14; R10: 11 ve 14

5 ramus miniplak vidasının 3 lü kombinasyonları:

R11: 3, 6 ve 8; R12: 3, 6 ve 11; R13: 3, 6 ve 14; R14: 6, 8 ve 11; R15: 6, 8 ve 14
R16: 8, 11 ve 14; R17: 3, 8 ve 14; R18: 3, 8 ve 11; R19: 3, 11 ve 14; R20: 6, 11 ve 14

5 ramus miniplak vidasının 4 lü kombinasyonları:

R21: 3, 6, 8 ve 11; R22: 3, 6, 8 ve 14; R23: 6, 8, 11 ve 14; R24: 3, 6, 11 ve 14;
R25: 3, 8, 11 ve 14;

5 ramus miniplak vidasının 5 li kombinasyonu:

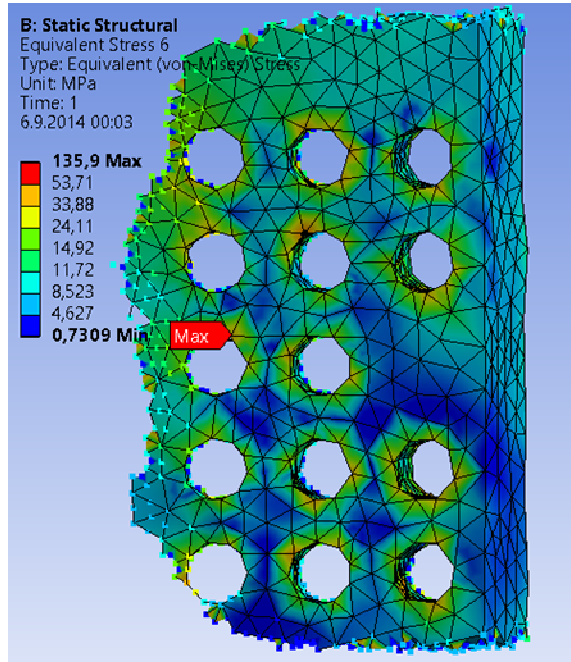
R26: 3, 6, 8, 11 ve 14

Çizelge 4. Ramusta uygulanabilecek çeşitli vida konfigürasyonlarındaki kallus deplasmanları

Ramus Miniplak Vida Konfigürasyonları	Toplam Deplasman (mm)		Ramus Miniplak Vida Konfigürasyonları	Toplam Deplasman (mm)	
	Sağ Kallus	Sol Kallus		Sağ Kallus	Sol Kallus
R1 (2'li)	4,43	3,29	R14 (3'lü)	3,84	2,71
R2 (2'li)	4,23	3,18	R15 (3'lü)	3,93	2,80
R3 (2'li)	4,10	3,08	R16 (3'lü)	3,95	2,85
R4 (2'li)	4,27	3,33	R17 (3'lü)	4,01	2,93
R5 (2'li)	4,13	3,00	R18 (3'lü)	3,90	2,78
R6 (2'li)	3,99	2,94	R19 (3'lü)	4,02	2,97
R7 (2'li)	4,12	3,09	R20 (3'lü)	3,95	2,88
R8 (2'li)	4,06	2,95	R21 (4'lü)	3,81	2,68
R9 (2'li)	4,23	3,19	R22 (4'lü)	3,88	2,75
R10 (2'li)	4,51	3,42	R23 (4'lü)	3,82	2,66
R11 (3'lü)	3,98	2,86	R24 (4'lü)	3,89	2,81
R12 (3'lü)	3,93	2,86	R25 (4'lü)	3,86	2,75
R13 (3'lü)	4,02	2,96	R26 (5'li)	3,80	2,66

Çizelge 4 incelendiğinde 2'li konfigürasyonların nisbi olarak diğer konfigürasyonlar kadar stabil olmadığı görülmektedir. 3'lü konfigürasyonlardan R14'ün, 4'lü ve 5'li konfigürasyonlara yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu durumda plağın yeniden tasarlanarak boyutunun küçültülmesi distraktörün maliyetini ve cerrahın operasyon süresini azaltacak hasta konforunu ise artıracaktır.

Ayrıca 4'lü ve 5'li konfigürasyonlarda minividalar arasındaki mesafelerin az olması, aralarındaki ince kemik kesitinde gerilme yığılmalarına neden olarak kırıklara sebebiyet verebilecektir (Şekil 11). Bu bağlamda distraktörün rot eksenine ve kallus dokusuna en yakın olan 6, 8 ve 11 nolu vidaları içeren **R14** konfigürasyonu ramus miniplağı için seçilmiştir.



Şekil 11. Sağ distraktör bağlantı bölgesindeki gerilme dağılımı

4 korpus miniplak vidasının 2 li kombinasyonları:

K1: 1 ve 3; K2: 1 ve 5; K3: 1 ve 7; K4: 3 ve 5; K5: 3 ve 7; K6: 5 ve 7

4 korpus miniplak vidasının 3 lü kombinasyonları:

K7: 1, 3 ve 5; K8: 1,3 ve 7; K9: 3,5 ve 7; K10: 1, 5 ve 7

4 korpus miniplak vidasının 4 lü kombinasyonu:

K11: 1, 3, 5 ve 7

Çizelge 5. Korpusta uygulanabilecek çeşitli vida konfigürasyonlarındaki kallus deplasmanları

Korpus Miniplak Vida Konfigürasyonları	Toplam Deplasman (mm)	
	Sağ Kallus	Sol Kallus
K1 (2'li)	4,49	3,14
K2 (2'li)	3,85	2,78
K3 (2'li)	3,76	2,62
K4 (2'li)	3,77	2,61
K5 (2'li)	3,76	2,61
K6 (2'li)	4,34	3,03
K7 (3'lü)	3,74	2,58
K8 (3'lü)	3,74	2,59
K9 (3'lü)	3,74	2,58
K10 (3'lü)	3,74	2,59
K11 (4'lü)	3,72	2,56

Çizelge 5'te yapılan analizler haricinde deneme amaçlı değişik üçgen konfigürasyonlar da denenmiş, ancak tablodaki 3'lü konfigürasyonlar kadar stabil olmadıkları not edilmiştir. Çizelge incelendiğinde 2'li konfigürasyonlardan K3,K4 VE K5'in birbirlerine ve diğer çoklu konfigürasyonlara çok yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu durumda ramus miniplağı için belirlenen gerekçelerle **K4** konfigürasyonu korpus miniplağı için seçilmiştir.

R14 ve **K4** konfigürasyonlarının birlikte kullanıldığı durum, klinikte uygulanabilirliği bakımından "Pratik Optimum Model" olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4 ve 5'teki en stabil konfigürasyonlar olan kombine edilerek "Teorik Optimum Model" olarak adlandırılmıştır.

4. Sonuç:

Çalışmamızda mandibula modeline sanal distraksiyon uygulanarak kallus dokuları modellenmiş, tasarlananan distraktörün modele montajı gerçekleştirilmiştir. Optimum vida konfigürasyonunun belirlenebilmesi için her bir vidanın stabilizasyona olan etkisi not edilmiştir. En çok etkiye sahip vidalar arasında tekrar

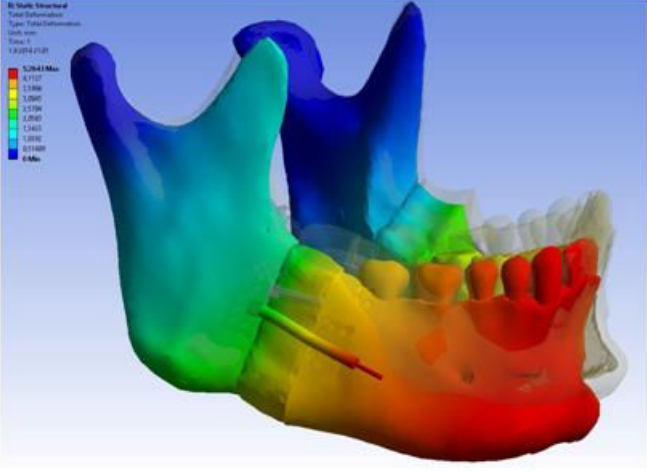
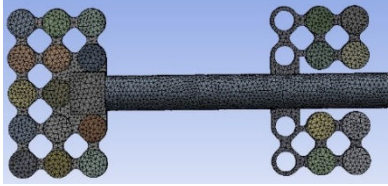
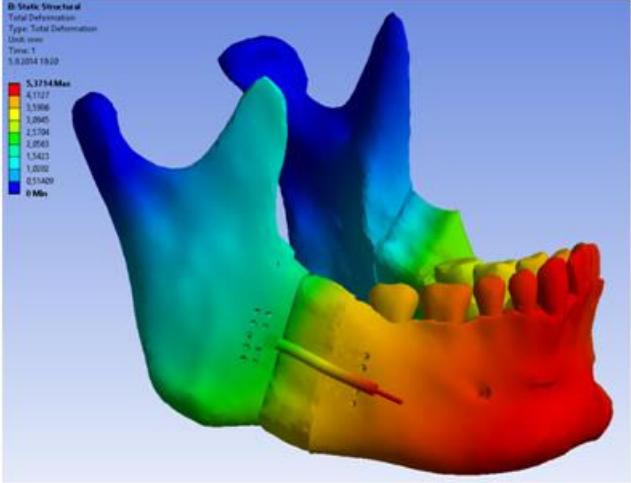
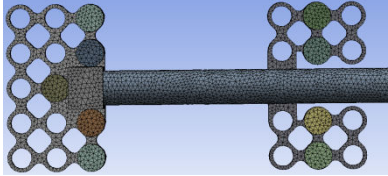
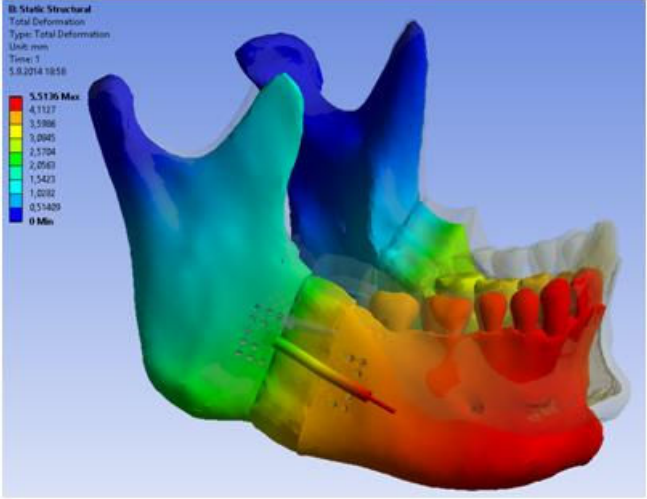
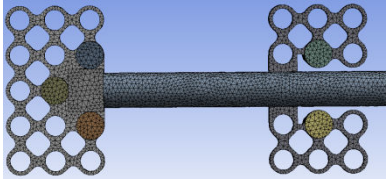
kombinasyonlar denenerek "Teorik Optimum Model" ve "Pratik Optimum Model" elde edilmiş, sonuçlar deplasmanlar açısından "Referans Model" ile karşılaştırılmıştır.

Sonuçlar göstermektedir ki; çift taraflı olarak toplam 44 vida kullanılan "Referans modele" ilişkin deplasman verileri çift taraflı olarak toplam 10 vida kullanılan "Pratik Optimum Modele" ait deplasman değerlerine oldukça yakındır(Çizelge 6 ve Çizelge 7). Çalışmadaki veriler ışığında, miniplakların "Pratik Optimum Modele" uygun olarak yeniden tasarlanması, analizlerinin gerçekleştirilmesi ve tasarlanan distraktörün üretilmesi distraksiyon teknolojisinin gelişimi açısından önem arz etmektedir. İleriye yönelik olarak yapılabilecek bu çalışmalarla, kallusun stabilizasyonunun mümkün olan en az sayıda vida ile sağlanması sayesinde ameliyat süresi ve ameliyat sonrası komplikasyon oluşma ihtimali azalacak, hasta konforu artacaktır. Bunun yanında boyutsal olarak daha küçük miniplakların kullanılacak olması, mandibular distraktör maliyetlerini azaltacaktır. Söz konusu gelecek çalışmaların interdisipliner bir yaklaşımla "in vivo" ve "in vitro" ortamlarda desteklenmesi, geliştirilecek distraktörün klinikte kabul görmesi açısından önemlidir.

Çizelge 6. Korpusta uygulanabilecek çeşitli vida konfigürasyonlarındaki kallus deplasmanları

	Sağ Kallus Deplasmanları	Sol Kallus Deplasmanları
Referans Model	<p>B: Static Structural Total Deformation - sağkallus Type: Total Deformation Unit: mm Time: 1 3.9.2014 17:31</p> <p>3.7237 Max 3,5228 3,3219 3,121 2,9201 2,7192 2,5183 2,3174 2,1165 1.9156 Min</p>	<p>B: Static Structural Total Deformation - solkallus Type: Total Deformation Unit: mm Time: 1 3.9.2014 17:31</p> <p>2.565 Max 2,3638 2,1625 1,9613 1,76 1,5588 1,3576 1,1563 0,95508 0.75384 Min</p>
Teorik Optimum Model	<p>B: Static Structural Total Deformation - sağkallus Type: Total Deformation Unit: mm Time: 1 5.9.2014 17:03</p> <p>3.7999 Max 3,5956 3,3913 3,187 2,9827 2,7784 2,5741 2,3698 2,1655 1.9612 Min</p>	<p>B: Static Structural Total Deformation - solkallus Type: Total Deformation Unit: mm Time: 1 5.9.2014 18:13</p> <p>2.6673 Max 2,4562 2,2451 2,034 1,8229 1,6117 1,4006 1,1895 0,97841 0.76729 Min</p>
Pratik Optimum Model	<p>B: Static Structural Total Deformation - sağkallus Type: Total Deformation Unit: mm Time: 1 5.9.2014 18:51</p> <p>3.8948 Max 3,6799 3,465 3,2501 3,0352 2,8203 2,6054 2,3905 2,1756 1.9607 Min</p>	<p>B: Static Structural Total Deformation - solkallus Type: Total Deformation Unit: mm Time: 1 5.9.2014 18:53</p> <p>2.7629 Max 2,5419 2,3209 2,0999 1,8788 1,6578 1,4368 1,2158 0,99481 0.7738 Min</p>

Çizelge 7. Korpusta uygulanabilecek çeşitli vida konfigürasyonlarındaki toplam deplasman değerleri

	Toplam Deplasman Değerleri	Konfigürasyon
Referans Model		 <p>Max. Deplasman: 5.26 mm</p>
Teorik Optimum Model		 <p>Max. Deplasman: 5.37 mm</p>
Pratik Optimum Model		 <p>Max. Deplasman: 5.51 mm</p>

Kaynaklar

Boccaccio, A., Lamberti, L., Pappalettere, C., Carano, A., Cozzani, M., 2006. Mechanical behavior of an

osteotomized mandible with distraction orthodontic devices. Journal of Biomechanics, 39(15), 2907-2918.

Bonnet, A.S., Dubois, G., Lipinski, P., Schouman, T., 2013. In vivo study of human mandibular distraction osteogenesis. Part II: Determination of callus mechanical properties. *Acta Bioeng Biomech.*, 15(1), 11-18.

Lin, C.L., Chang, S.H., Wang, J.C., Chang, W.J., 2006. Mechanical interaction of an implant/tooth-supported system under different periodontal supports and numbers of splinted teeth with rigid and non-rigid connections. *Journal of Dentistry*, 34, 682-691.

Ming-Yih, L., Chun-Li, L., Wen-Da, T., Lun-Jou, L., 2010. Biomechanical stability analysis of rigidintraoral fixation for bilateral sagittal split osteotomy. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery* 63, 451-455.

Provatidis, C. G., Georgiopoulos, B., Kotinas, A., McDonald, J. P., 2008. Evaluation of craniofacial

effects during rapid maxillary expansion through combined in vivo/in vitro and finite element studies. *The European Journal of Orthodontics*, 30(5), 437-448.

Schreuder, W. H., Jansma, J., Bierman, M. W., Vissink, A., 2007. Distraction osteogenesis versus bilateral sagittal split osteotomy for advancement of the retrognathic mandible: a review of the literature. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 36(2), 103-110.

Yamashita, Y., Otsuka, T., Shigematsu, M., Goto, M. 2011. A long-term comparative study of two rigid internal fixation techniques in terms of masticatory function and neurosensory disturbance after mandibular correction by bilateral sagittal split ramus osteotomy. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 40(4), 360-365.