



**MANDİBULADA UYGULANAN MONOFOKAL DİSTRAKSİYON
OSTEOGENEZİSİNİN BİYOMEKANİK ETKİLERİNİN SONLU ELEMANLAR
ANALİZİ YÖNTEMİ İLE ARAŞTIRILMASI**

**BIOMECHANICAL EVALUATION OF EFFECTS OF MANDIBULAR MONOFOCAL
DISTRACTION OSTEOGENESIS BY USING FINITE ELEMENT ANALYSIS
METHOD**

Dr. Mehmet Kemal TÜMER*
Prof. Dr. Derviş YILMAZ*

Yrd. Doç. Dr. Nihat AKBULUT**
Prof. Dr. Erkan ERKMEN*

Makale Kodu/Article code: 1013
Makale Gönderilme tarihi: 31.12..2012
Kabul Tarihi: 07.01.2013

ÖZET

Amaç: Distraksiyon osteogenezisi; dereceli olarak uygulanan çekme kuvvetiyle, ayrılan kemik segmentlerinin yüzeyleri arasında yeni kemik formasyonlarının meydana geldiği biyolojik bir olaydır. İskelet doku ve bunu örten yumuşak doku üzerinde gerilim oluşturan çekme kuvveti, distraksiyon vektörüne paralel olarak yeni kemik oluşumunu uyandır. Bu çalışmada monofokal distraksiyon osteosentezinin biyomekanik etkilerinin sonlu elemanlar yöntemiyle incelenmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve yöntem: Çalışmamızda, mandibuler yetersizlikleri tedavi etmek için kullanılan monofokal distraksiyon osteogenezisi incelenmiştir. Üç boyutlu tam dişli genç erkek hastalardan alınan mandibula tomografileri kullanılarak MSC MENTAT (MSC Software Corporation, Santa Ana, Ca, Amerika) version 2005 programı yardımıyla model oluşturma işlemleri tamamlanmıştır. Ayrıca özel bir yazılım yardımıyla kemik doku ve fiksasyon aparatlarında oluşan stres dağılımları da hesaplanmıştır. Mega Paskal cinsinden Von Mises Stres, Maksimum Gerilme Stresi ve Minimum Baskı Stres değerleri kemik dokuların ve fiksasyon materyallerinin streslerini karşılaştırmak için kullanıldı.

Bulgular: Von Mises Stres, Maksimum Gerilme Stresi ve Minimum Gerilme Streslerinin Monofokal distraksiyonda her iki segment tarafındaki plakların 1. vidaları etrafında yoğunlaştığı anlaşıldı.

Sonuç: Monofokal distraksiyon yönteminde vidalar; Von Mises stresleri açısından değerlendirildiğinde modelde son 2 vida üzerinde oluşan streslerin son derece az olduğu gözlemlenmektedir. Bu açıdan bakıldığında son 2 vidayı kullanmak gereksiz gibi gözükmemektedir.

Anahtar kelimeler: Distraksiyon osteogenezisi, Monofokal distraksiyon, Sonlu elemanlar analizi

ABSTRACT

Purpose: Distraction osteogenesis is the biologic process of new bone formation between bone segments that are gradually separated by incremental traction. The traction generates tension on the skeletal and surrounding soft tissue structures, which stimulates new bone formation parallel to the vector of distraction. At present study it is aimed to examine biomechanic effects of monofocal distraction osteogenesis by the method of finite elements.

Material and Methods: In our study, monofocal distraction osteogenesis examined to treat mandibular deficiencies. A 3-dimensional model of totally dentate mandibular bone of young man was used as the basis of a mandibular finite element model in this study. The 3D image of the mandible was imported into MSC Mentat (MSC Software Corporation, CA, USA) version 2005 for pre-processing and modeling. Stress patterns of the bony tissues of fixation materials were calculated as well. Von Mises Stress, Maximum Principle Stress and Minimum Principle Stress values in Mega Pascal were used to compare the stresses of the bony tissues and fixation materials.

Results: It is revealed that Von Mises Stress, Maximum Tension Stress and Minimum Tension Stresses focused around first screws of plates in both segments in Monofocal distraction.

Conclusion: In monofocal distraction technique when screws are evaluated for Von Mises stresses, it was observed that very low level stresses occurred on last 2 screws in model. In this respect it was seen that last 2 screws were unnecessary.

Key words: Distraction osteogenesis, Monofocal distraction, Finite elements analysis

* Gazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı,

**Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı



GİRİŞ

İlizarov¹ tarafından geliştirilen distraksiyon osteogenezi, birbirinden ayrılmış iki kemik segmenti arasındaki boşluğa dereceli germe kuvveti uygulanmasıyla boşlukta yeni kemik oluşması işlemidir.² Bu işlem ayrılmış kemik segmentleri arasındaki iyileşme kallusuna distraksiyon kuvveti uygulandığında başlar ve doku gerildiği sürece devam eder.³

Kraniofasial komplekste distraksiyon osteogenezinin ilk uygulaması 1973 yılında Snyder ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Bir köpek mandibulasında eksternal fiksatorle 10 mm uzatma yapmışlardır.^{2,4} Hemifasiyal mikrosomiyalı ve Nager's sendromlu hastalarda kademeli distraksiyonla mandibular uzatma konusunda batı literatürünün ilk klinik uygulamasını yayınlayınca distraksiyon osteogenezi insan kraniofasial iskeletinin membranöz kemiklerinin rekonstrüksiyonu için umut verici yeni bir metod olarak görülmüş ve daha sonraki dönemde distraksiyon osteogenezinin oral maksillofasial bölgede kullanımı artmıştır.^{2,4,5}

Distraksiyon Osteogenezi, uygulanan çekme kuvvetlerinin etkilediği yere göre kallotazis ve fiziyal distraksiyon tekniği olarak ikiye ayrılırlar.^{4,6} Fiziyal distraksiyon osteogenezi, uzun kemiklerin epifiz bölgelerinde uygulanan distraksiyon tekniğidir. Kallotazis ise osteotomi sonrası oluşturulmuş kemik segmentlerinin çevresinde oluşan tamir kallusunun kademeli gerilmesiyle oluşur. Klinik olarak kallotazis osteotomi dönemi, latent dönem, distraksiyon dönemi, konsolidasyon dönemi ve remodelling dönemi olmak üzere birbirini izleyen beş dönemden oluşur. Kallotazis distraksiyon-gerilim bölgelerinin sayısına göre ise Monofokal, bifokal ve trifokal olarak üç grupta sınıflandırılır.^{2,5,7} Monofokal, kemiğe yapılan tek bir kesi ile kesi hattının her iki tarafındaki kemik segmentlerinin birbirlerinden uzaklaştırıldığı tekniktir. Burada tek bölgede rejenerasyon meydana gelir. Bifokal, geniş kemik defektinin olduğu durumda kalan kemik segmentinden ayrılan vaskülerize bir kemik parçasının defekte doğru kademeli olarak hareket ettirildiği tekniktir. Trifokal, çok büyük kemik defekti bulunan durumlarda defekt bölgesinin iki tarafındaki segmentte yapılan osteotomiler sonrasında iki transport diskin oluşturularak eş zamanlı olarak birbirlerine yaklaştırıldığı distraksiyon osteogenezi

tekniğidir.^{1,4,7} Bu çalışmada mandibulada değişik durumlar için dizayn edilen ve ağız içi distraktör apereyleri kullanılarak gerçekleştirilen monofokal distraksiyon tekniğinin biyomekanik etkileri 3 boyutlu sonlu elemanlar analizi yöntemi ile incelenmiştir.

GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmamızda monofokal distraksiyon osteogenezinin üç boyutlu biyomekanik etkilerini araştırmak için sonlu elemanlar analizi yöntemi kullanılmıştır. Bunun için kullanılan mandibula modeli, Yakın Doğu Üniversitesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı arşivlerinden elde edilen 3 boyutlu tam dişli genç erkek hastalardan alınan mandibula tomografileri arasından seçilmiştir. New-Tom 3G (Quantitive Radiology, Verona, İtalya) Cone – Beam CT (CBCT) görüntüleme sisteminden, ortalama kesit kalınlığı 0,5 mm olan ve dişli mandibuladan elde edilen seri kesitler DICOM 3.0 tıbbi görüntüleme formatı kullanılarak 3 boyutlu medikal görüntü işletim programı Maxilim (Medicim Company, Mechelen, Belçika) versiyon 2.2.2'ye aktarılmış ve mandibulanın 3 boyutlu görüntüsü elde edilerek stl formatında saklanmıştır. Elde edilen bu format MSC MENTAT (MSC Software Corporation, Santa Ana, Ca, Amerika) version 2005 programı kullanılarak ön hazırlık ve model oluşturma işlemleri tamamlanmıştır.

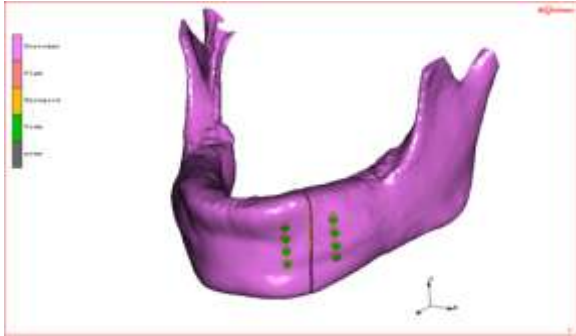
Oluşturulan mandibula modeli üzerinde yapılan *refinement* işlemleri sonrasında elde edilen verilerin gerçeğe yakın olabilmesi amacıyla, dişler artefaktlar temizlenerek işlenmiş ve dişler çevresi periodontal membran 0,2 mm boyutunda her bir dişin kökleri çevresince modele dâhil edilmiştir. Böylelikle mandibulanın *solid meshing* işlemi tamamlanmıştır. Daha sonra toplam distraksiyon miktarı 10 mm ve distraksiyon pininin her turunda ilerleme miktarı 0,5 mm olacak şekilde modelleme yapılmıştır.

Çalışmada kullanılan fiksatif elemanlar olan titanyum plak ve vidaların modellenmesi işlemi ise Catia V5R18 (Dassault Systems – Fransa) programı kullanılarak yapılmıştır. Çalışmamızda Titanyum miniplakların bilgisayar modelleri Medartis (Modus MDO 2,0, Basel, Switzerland) fiziksel örneklerine göre hazırlanmıştır. Buna göre; 2 mm çapında 4 delikli düz maksillofasial plaklar ile plak fiksasyonları için 7 mm uzunluğunda 2 mm çapında titanyum vidalar kullanılmıştır.

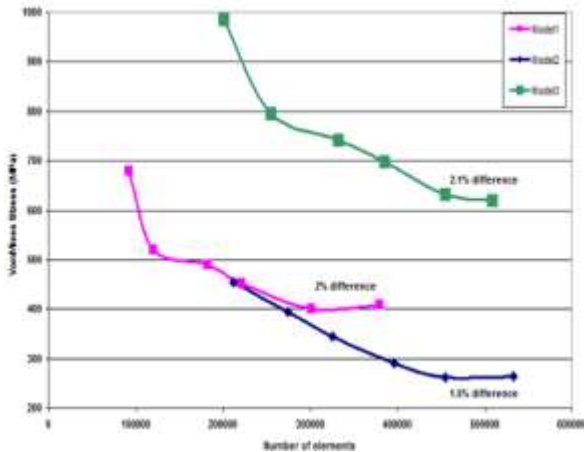


Çalışmamızda monofokal distraksiyon konseptini yansıtabilecek şekilde ana model oluşturulmuş, mandibula üzerinde gerekli kesi simülasyonu yapılmıştır. Distraksiyon konseptine uygun hareket vektörüne göre kesi hattına daha önceden modellenen plak ve vidalar aplane edilmiştir (Şekil 1).

Çalışmada kullanılan mandibular modellerin, olabildiğince gerçeği yansıtabilecek ve bununla birlikte kompüterize hesaplama zamanını optimize edecek düzeyde olmasına dikkat edilerek yüksek sayıda eleman kullanılarak modellenmeleri sağlanmıştır. Kullanılan elemanlar tetrahedral element tipindedir. Modellerdeki eleman ve nod sayılarının gerçekliğe yakınsamalarını test etmek amacıyla "convergence analizi" uygulanmıştır (Şekil 2). Buna göre çalışmamızda kullanılan modelin eleman ve nod sayıları Tablo 1' de gösterilmektedir.



Şekil 1. Monofokal distraksiyon modeli genel görünüm.



Şekil 2. Convergence analiz sonuçları.

Tablo 1. Modellerin Eleman ve Nod sayıları

	Eleman Sayısı	Nod Sayısı
Monofokal Model	379.388	76.268

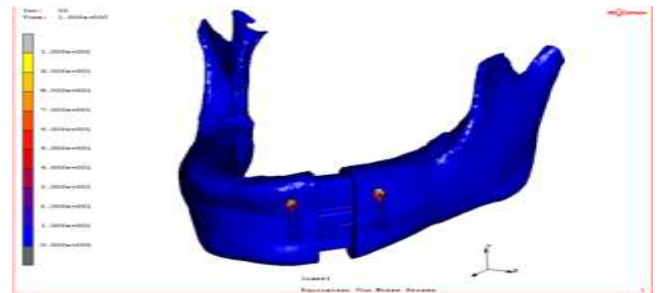
The MSC MARC 2005 (MSC Corporation, Santa Ana, CA, 92707, USA) Finite Element Solver yazılımı yardımıyla kemik doku ve fiksasyon apareylerinde oluşan stres dağılımları da hesaplanıp şematize edilmiştir. Mega Paskal cinsinden Von Mises Stres, Maksimum Gerilme Stresi ve Minimum Baskı Stres değerleri kemik dokuların ve fiksasyon materyallerinin streslerini karşılaştırmak için kullanıldı.

BULGULAR

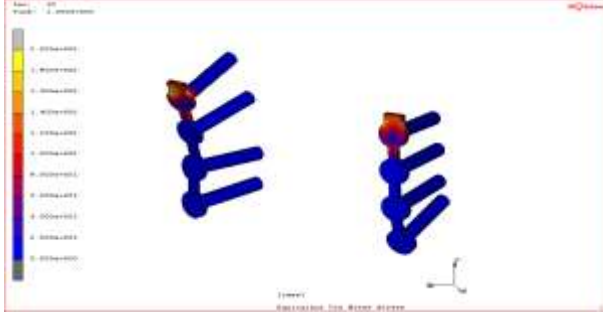
Von Mises Stressler

Monofokal modelindeki distraksiyon kuvveti altında plaklarda oluşan stres değerlerine bakıldığında bu değer 419 MPa olduğu ve kesi hattının her iki tarafındaki plaklarda eşit dağıldığı saptandı. Tüm distraktör uygulamalarında en yüksek Von Mises streslerinin monofokal modeldeki plakların 1. deliği etrafında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3). Diğer arkadaki iki vida veya delik etrafında fazla stres oluşmadığı gözlemlenmiştir.

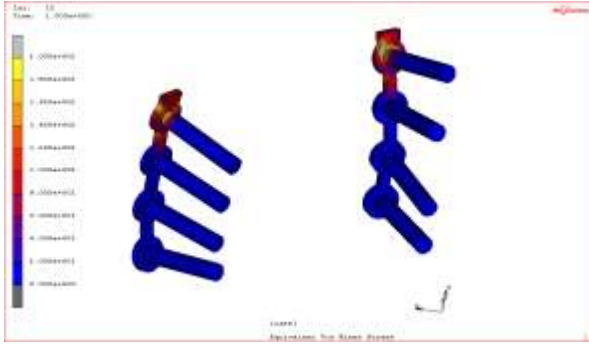
Fiksasyon vidalarında oluşan streslere bakıldığında ise yine monofokal modelde 1. vidalar ve bu bölgedeki plaklar etrafında yoğun stres alanları gözlemlenmiştir (Şekil 4, 5).



Şekil 3. Monofokal distraksiyon konsepti plaklarda Von Mises Stres yayılımları genel görünümü.



Şekil 4. Monofokal distraksiyon konsepti plak ve vidalarda oluşan Von Mises Stres yayılımları önden görünüm.



Şekil 5. Monofokal distraksiyon konsepti plak ve vidalarda oluşan Von Mises Stres yayılımları arkadan görünüm.

Pmax (tensile stress) ve Pmin (Compressive stress) Stresler

Monofokal model analizlerinde kortikal kemik için Pmax ve Pmin streslerinin lokalizasyonuna bakıldığında; streslerin yine Von Mises Streslerine benzer olarak distraksiyon için yerleştirilen 1. vidalar ve etrafındaki plaklarda yoğunlaştığı tespit edilmiştir.

TARTIŞMA

Distraksiyon osteogenezi; dereceli olarak uygulanan gerilme kuvvetiyle, ayrılan kemik segmentlerinin yüzeyleri arasında yeni kemik formasyonlarının meydana geldiği biyolojik bir olaydır.^{3,6} Bu teknik ayrılan kemik segmentlerini bağlayan kallus dokusuna distraksiyon kuvvetlerinin uygulanmasıyla başlamakta ve dokular iyice gerilene kadar devam etmektedir.^{3,6,7} Bu çekim sonucunda oluşan gerilim, distraksiyon vektörüne paralel olarak yeni kemik formasyonunu stimule etmektedir.^{8,9} Distraksiyon osteogenezi başlangıçta ortopedik cerrahi alanında ekstremiteler uzatılmasında geniş bir klinik kabul

görmüş, 1990'larda ise kraniyofasiyal disostozis, travma ve tümör rezeksiyonları nedeniyle oluşmuş çene defektlerinde, özellikle de mandibular yetersizliklerin tedavisinde kullanılmıştır.¹⁰ Distraksiyon osteogenezi transversal yöndeki mandibular yetmezliklerin düzeltilmesinde de önemli bir tedavi prosedürü olarak günümüzde kullanılmaktadır.⁹⁻¹¹ Bizim çalışmamızda da distraksiyonun biyomekanik etkilerinin incelemesinde model olarak mandibula incelenmiştir.

Distraksiyon osteogenezi, osteogenezin meydana geldiği kemik rejeneratif bölge sayısına bağlı olarak, monofokal, bifokal ve trifokal distraksiyon olarak kategorize edilmiştir.¹² Monofokal distraksiyon osteogenezi intraoral distraksiyon işlemlerinin temelini oluşturmaktadır.^{12,13} Bifokal veya trifokal distraksiyon osteogenezi ise segmental mandibuler defektlerin tedavi edilmesi amacıyla kullanılmaktadır.¹³⁻¹⁷ Segmental mandibuler kemik defektleri genellikle karmaşık vakalar olduğundan, yumuşak ve sert dokunun rekonstrüksiyonunu sağlayan multifokal distraksiyon osteogenezi, bu durumlarda etkili bir tedavi tekniği olabilir.^{14,16} Bizim çalışmamızda distraksiyonun osteogenezinin temelini oluşturan monofokal distraksiyon osteogenezinin biyomekanik etkileri sonlu elemanlar analizi yöntemiyle genç bireylerin gerçek tomografik görüntüleri kullanılarak yapılmıştır.

Sonlu elemanlar stres analiz yöntemi, çeşitli mühendislik bilimlerinde (makine, inşaat, gemi, jeofizik vb.) yaygın olarak kullanılmış, biyomekanik ile uğraşan araştırmacıların ilgisini çekmiş, tıp ve diş hekimliğinde de bu analiz yöntemiyle pek çok araştırmalar yapılmıştır.¹⁸⁻²¹ Canlı doku ve organlarda gerilim analizi yapmak oldukça zor bir işlemdir. Bu nedenle, gerilim analiz çalışmaları canlı malzemenin cansız bir modeli üzerinde yapılır. Mühendislikte karmaşık analitik sistemlerin çözümünde kullanılan sonlu elemanlar metodu, diş hekimliğinde de her tür cisme ve karmaşık yapılara uygulanabilmektedir. Kullanılan malzeme sayısının sınırlandırılmaması, gerilim dağılımlarının ve deplasmanlarının bir arada ve duyarlı olarak elde edilmesi, deneysel modelin kontrolü ve sınır koşullarının değiştirilebilmesi, malzemenin mekanik ve fiziksel özelliklerinin çok iyi yansıtılabilmesi gibi avantajları nedeniyle çalışmamızda tercih edilmiştir.²²⁻²⁴

Distraksiyon osteogenezi insan vücudundaki farklı anatomik bölgelerde farklı özellikler göster-

mektedir. Mandibulanın özel morfolojisi ve kuvvet dayanım alanının karmaşıklığı nedeniyle klinisyenler, distraksiyon osteogenezi ile oluşturulan kemiğin biyomekanik özelliklerine fazlasıyla önem vermektedirler.¹⁰ Yeni oluşan kemiğin çiğneme kuvvetlerine dayanıp dayanamayacağı, uzatılan mandibulanın normal fonksiyon görüp göremeyeceği ve kırık oluşturabilecek kuvvetlere dayanımı hakkında büyük kaygılar mevcuttur.¹⁰ Bunların yanı sıra, distraksiyon süresince segmentlere uygulanan kuvvetler ve bunların etkileri konusu henüz üzerinde çokça yayın bulunmayan inceleme konuları arasında yer almaktadır. Çalışmamızın amacı, insan mandibulasının 3 boyutlu sonlu elemanlar modelini oluşturarak, kemiksel yapılar ve segmentlerdeki stres dağılımının değerlendirilmesini sağlamak ve meydana gelen biyomekanik değişimleri analiz etmektir. Bu işlemde modeller üzerinde monofokal distraksiyon kesilerinin simülasyonları oluşturulmuştur. Takiben distraktör modellere uygun konumda yerleşecek şekilde simüle edilmiştir. Toplam distraksiyon miktarı 10mm olup, distraksiyon pininin her turunda ilerleme miktarı 0,5 mm'dir. Kemiksel yapılar ve segmentlerdeki stres dağılımının değerlendirilmesinde maksimum ve minimum principal stresler (Pmax ve Pmin), plak, vida ve distraktör apareyindeki stres dağılımının değerlendirilmesinde Von Mises stresleri hesaplanmıştır. Burada elde edilen sonuçlar her üç stres incelendiğinde ise streslerin kesi hattının her iki tarafındaki plakların birinci delikleri ve vidaları ve de kortiko-kansellöz kemik etrafında biriktiği tespit edilmiştir. Diğer arkada kalan 2 vida etrafında fazla stres birikmediği tespit edilmiştir.

Kemiğin devamlılığının sağlanması için gerekli minimum gerilimin 1,4 MPa ve 5,6 MPa olması gerektiğini, daha düşük gerilim değerlerinin kemikte rezorbsiyona neden olabileceğini bildirmiştir.^{25,26} Bizim çalışmamızda Von Mises streslerinin 419 MPa olduğu bulunmuş ve gerilimin etkili olduğu bulunmuştur.

Sonuç olarak distraksiyon osteogenezi ile tedavi planlandığında, distraksiyon tipine göre stres değerleri değişse de, sonuçta oluşan kemiğin kalitesi üzerinde önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür. Ancak distraksiyon tipine göre çevre kemikte ve distraksiyon kuvvetlerini ileten plak ve vidalardaki stres farklılıkları nedeniyle özellikle aşırı rezorbe ve/veya yoğun tümöral eksizyonlar sonrası residüel kemiğin bu stresleri tolere edip edemeyeceğinin değerlendirilmesi

önem taşımaktadır. Ayrıca defekt tamiri amacıyla uygulanan monofokal distraksiyon osteogenezi işlemlerinde çevre kemik kalitesinin değerlendirilmesi gereği de önemle göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışmadan çıkartılacak önemli bir fiziki bulgu da; Von Mises stresleri açısından değerlendirildiğinde modelde son 2 vida üzerinde oluşan stresler son derece az olduğu gözlemlenmektedir. Bu deplasman altında son 2 vidayı kullanmak gereksiz gibi gözükmektedir. Yine de bu bulgunun doğrulanabilmesi için ilave hayvan ve insan klinik çalışmalarıyla da desteklenmelidir.

KAYNAKLAR

1. Cope JB, Samchukov ML, Cherkashin AM. Continuing education article, mandibular distraction osteogenesis; A historic perspective and future directions. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1999; 115: 448-60.
2. Swennen G, Schliephake H, Dempf R, Schierle H, Malevez C. Craniofacial distraction osteogenesis: a review of the literature: Part 1: clinical studies. Int J Oral Maxillofac Surg 2001; 30: 89-103.
3. McNamara, JA Jr, Trotman CA (eds). Distraction Osteogenesis and Tissue Engineering. Monograph 35, Craniofacial Growth Series, Center for Human Growth and Development, The University of Michigan, Ann Arbor, 1998.
4. Keçeli HG DB, Muhtarogulları M, Demiralp B. Dişhekimliğinde Distraksiyon Osteogenezi: Bölüm 2. Hacettepe Dişhek Fak Dergisi 2006; 30: 20-30.
5. Maull DJ. Review of devices for distraction osteogenesis of the craniofacial complex. Semin Orthod 1999; 5: 64-73.
6. Özeç İ ÖM. Distraksiyon Osteogenezi. Cumhuriyet Üniv Dişhek Fak Dergisi. 2000; 3: 47-51.
7. Annino DJ J, Goguen LA, Karmody CS. Distraction osteogenesis for reconstruction of mandibular symphyseal defects. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 1994; 120: 911-6.
8. Samchukov ML, Cope JB, Harper RP, Ross JD. Biomechanical considerations of mandibular lengthening and widening by gradual distraction using a computer model. J Oral Maxillofac Surg 1998; 56: 51-9.



9. İlgün A. KHH, Malkoç S., Başçiftçi F.A. İnsan Mandibulasında Sonlu Elemanlar Metodu Kullanılarak Gerilme Analizi Yapılması. J Fac Eng Arch Selcu Univ 2004; 19: 35-47.
10. Li J, Hu J, Wang D, Tang Z, Gao Z. Biomechanical properties of regenerated bone by mandibular distraction osteogenesis. Chin J Traumatol 2002; 5: 67-70.
11. Contasti G, Guerrero C, Rodriguez AM, Legan HL. Mandibular widening by distraction osteogenesis. J Clin Orthod 2001; 35: 165-73.
12. Imola MJ, Hamlar DD, Thatcher G, Chowdhury K. The versatility of distraction osteogenesis in craniofacial surgery. Arch Facial Plast Surg 2002; 4: 8-19.
13. Makoto Hirota HC, Yoshiro Matsui, Makoto Adachi, Shinjiro Aoki, Kei Watanuki, Tomomichi Ozawa, Toshinori Iwai, Iwai Tohnai. Osteosynthesis and simultaneous irregular trifocal distraction osteogenesis for segmental mandibular defect after tumor ablative surgery: a case report. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2008;106: 651-55.
14. Sawaki Y, Hagino H, Yamamoto H, Ueda M. Trifocal distraction osteogenesis for segmental mandibular defect: a technical innovation. J Craniomaxillofac Surg 1997; 25: 310-5.
15. Costantino PD, Johnson CS, Friedman CD, Sisson GA Sr. Bone regeneration within a human segmental mandible defect: a preliminary report. Am J Otolaryngol 1995; 16: 56-65.
16. Takenobu T, Nagano M, Taniike N, Furutani M, Tanaka Y. Mandibular reconstruction using intraoral trifocal bone transport: report of a case. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2007;103: 630-5.
17. Kuriakose MA, Shnyder Y, DeLacure MD. Reconstruction of segmental mandibular defects by distraction osteogenesis for mandibular reconstruction. Head Neck 2003; 25: 816-24.
18. Wilson EL HA, editor. SAP90. A Series Computer Programs for The Finite Analysis of Structures. California, Berkeley: Computers and Structures Inc. 1992.
19. Korkmaz HH. Evaluation of different miniplates in fixation of fractured human mandible with the finite element method. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2007 Jun;103:e1-13.
20. Arbag H, Korkmaz HH, Ozturk K, Uyar Y. Comparative evaluation of different miniplates for internal fixation of mandible fractures using finite element analysis. J Oral Maxillofac Surg 2008; 66: 1225-32.
21. Erkmén E, Simşek B, Yücel E, Kurt A. Three-dimensional finite element analysis used to compare methods of fixation after sagittal split ramus osteotomy: setback surgery-posterior loading. Br J Oral Maxillofac Surg 2005; 43: 97-104.
22. De Hoff P.H. AKJ. Effect of Metal Design on Marginal Distortion of Metal Ceramic Crowns. J Dent Res 1984; 63: 1327-31.
23. Farah JW, Craig RG, Meroueh KA. Finite element analysis of a mandibular model. J Oral Rehabil 1988; 15: 615-24.
24. Chun HJ, Cheong SY, Han JH, Heo SJ, Chung JP, Rhyu IC, Choi YC, Baik HK, Ku Y, Kim MH. Evaluation of design parameters of osseointegrated dental implants using finite element analysis. J Oral Rehabil 2002; 29: 565-74.
25. Geng J.P. TK, Liu GR. Application Of Finite Element Analysis in İmplant Dentistry. J Prosthet Dent 2001; 83: 585-98.
26. Kiki A, Erdem A. Tavşanlarda maksiller genişletme ve relaps: Deneysel çalışma. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg 2006;16: 7-13.

1.

Yazışma Adresi:

Yrd. Doç. Dr. Nihat AKBULUT
Gaziosmanpaşa Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi,
Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı,
Tokat, Türkiye.
Telefon: 05054489263
Faks: 0 (356) 212 42 25
E-posta: drnihatakbulut@yahoo.com

