

Favorable Mandibula Angulus Fraktürlerinde Karbon Fiberle Güçlendirilmiş Polietereterketon Polimerinin Sonlu Elemanlar Analizi Yöntemiyle Değerlendirilmesi: Deneysel Çalışma

Evaluation of Carbon Fiber Reinforced Polyetheretherketone Polymer in Favorable Mandibular Angulus Fractures with Finite Element Analysis Method: Experimental Study

¹ Mehmet Zahit BAŞA^a, ² Selim HARTOMACIOĞLU^b, ³ Musa ERDEM^c, ⁴ Enes BEKMAN^a,
⁵ Sava BAYDAR^a

^aSağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi ABD, İstanbul, Türkiye

^bMarmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

^cÜsküdar Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi ABD, İstanbul, Türkiye

ÖZET Amaç: Bu çalışmanın amacı, favorable mandibula angulus kırıklarının, karbon fiberle güçlendirilmiş polietereterketon [carbon fiber reinforced polyetheretherketone (CFR-PEEK)] ve titanyumdan yapılmış fiksasyon sistemlerinin sonlu elemanlar analiz yöntemi ile karşılaştırılmasıdır. **Gereç ve Yöntemler:** Mandibula modellerinde, dijital ortamda favorable bir kırık hattı oluşturulmuştur. Bu modellerdeki kırık hatlarının fiksasyonunda 4 delikli, 1,0 mm profil kalınlığında barlı mini plaklar ve 5 mm uzunluğunda titanyum vidalar kullanılmıştır. İncelenen mini plaklar, titanyum ve CFR-PEEK materyalinden üretilmiştir. Plaklar 3 farklı pozisyona yerleştirilmiştir (Pozisyon X: inferiordan tek mini plak, Pozisyon Y: çift mini plak, Pozisyon Z: superiordan tek mini plak). Kesici diş ve molar diş bölgelerinden dikey yönde ayrı ayrı 200 N ısıрма kuvvetleri uygulanmıştır. Titanyum ve CFR-PEEK mini plaklarından oluşan fiksasyon sistemleri karşılaştırılmıştır. **Bulgular:** Titanyum ve CFR-PEEK mini plak sistemlerinin tamamı 200N kesici ve molar bölge yüklemelerine karşı dayanım sağlayabildikleri görülmüştür. Her 3 pozisyonda da (pozisyon X: inferiordan tek mini plak, pozisyon Y: çift mini plak, pozisyon Z: superiordan tek mini plak), CFR-PEEK mini plak sistemlerinde plağa iletilen von Misses streslerinin daha az olduğu görülürken, titanyumdan yapılan mini plaklarda total deformasyon miktarı ve çeneğe iletilen stresin daha düşük olduğu ölçülmüştür. **Sonuç:** Favorable mandibula angulus kırıklarında, plak sistemlerine iletilen von Misses stresleri azaldığı için CFR-PEEK plakların titanyum mini plaklara göre avantajlı olduğu görülmüştür. Total deformasyon miktarı ve kemiğe iletilen streslerde ise titanyum daha düşük değerler göstermiştir. Bu da titanyumun daha rijit bir fiksasyon materyali olduğunu göstermektedir.

ABSTRACT Objective: The aim of this study is to compare favorable mandibular angulus fractures with carbon fiber reinforced polyetheretherketone (CFR-PEEK) and titanium fixation systems by finite element analysis method. **Material and Methods:** In the mandible models, a favorable fracture line has been created in the digital environment. In the fixation of fracture lines in these models, 4-hole, 1.0 mm profile thickness bar miniplates and 5 mm long titanium screws were used. The examined miniplates are made of titanium and CFR-PEEK material. The plaques are placed in three different positions (position X: single miniplate from inferior, position Y: double miniplate, position Z: single miniplate from superior). 200 N biting forces were applied separately in vertical direction from the incisor and molar tooth regions. Fixation systems consisting of titanium and CFR-PEEK miniplates have been compared. **Results:** It has been found that titanium and CFR-PEEK miniplate systems can provide resistance against all 200 N incisor and molar zone loads. In all 3 positions (position X: single miniplate from inferior, position Y: double miniplate, position Z: single miniplate from superior), CFR-PEEK mini-plate systems showed less von Misses stresses transmitted to the plate, while the total amount of deformation and stress transmitted to the jaw were measured to be lower in titanium mini-plates. **Conclusion:** In favorable mandibular angulus fractures, CFR-PEEK plaques have been found to be advantageous compared to titanium miniplates because the von Misses stresses transmitted to the plaque systems are reduced. In the total amount of deformation and stresses transmitted to the bone, titanium showed lower values. This shows that titanium is a more rigid fixation material.

Anahtar Kelimeler: Fiksasyon; karbon fiberle güçlendirilmiş polietereterketon; titanyum; sonlu elemanlar analizi

Keywords: Fixation; carbon fiber reinforced polyetheretherketone; titanium; finite element analysis

Correspondence: Sava BAYDAR

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi ABD, İstanbul, Türkiye

E-mail: baydarsava@gmail.com



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences.

Received: 05 Jun 2023

Received in revised form: 22 Aug 2023

Accepted: 24 Aug 2023

Available online: 05 Oct 2023

2146-8966 / Copyright © 2023 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Mandibular angulus kırıkları en yaygın çene yüz yaralanmaları arasındadır, tüm mandibula kırıkları arasında ise en yüksek komplikasyon oranlarıyla ilişkilidir ve yüksek bir insidansa sahiptir.¹

Klinik sınıflandırma, fraktür hattındaki deplasmanın varlığına veya yokluğuna, fragmanların parçalı olup olmaması ve çığneme kaslarının çekme vektörlerinin etkilerine karşı kırık hattının beklenen anatomik direncine (favorable ve unfavorable) dayalı olarak yapılır.¹

Mandibula kırıkları intraoral veya ekstraoral yaklaşımla yapılan açık redüksiyon veya intermaksiller fiksasyon yöntemleriyle tedavi edilir.^{2,3}

Açık ve kapalı redüksiyonlarda kullanılan mini plakların rezorbe olabilen ve rezorbe olmayan çeşitleri bulunmaktadır. Polidioksanon, polilaktik asit ve poliglolik asit rezorbe olan materyallerdir.⁴ Bu materyaller, kemiğin yeniden şekillendiği sırada kemiğe gelen streslerin yavaş iletilmesini sağlarlar ve korozyon oluşturmazlar. Paslanmaz çelik, titanyum, vitalyum ve karbon fiber ise rezorbe olmayan mini plak materyalleridir. Sıklıkla kullanılan titanyum mini plakların biyouyumluluğu çok yüksektir ve minimal doku reaksiyonu gösterir. Ancak lokal komplikasyonları dokularda pigmentasyon, soğuk hassasiyeti, enflamasyon oluşturmaması, osteomyelit ve sinir harabiyetine sebep olabilmesidir. Sistemik komplikasyonları ise diğer metal kaynaklı materyaller gibi metal salınımı ve korozyondur.⁵⁻⁷

Polietereterketon [polyetheretherketone (PEEK)], poli-aril-eter-ke-ton ailesine ait tıp ve diş hekimliği alanında uzun yıllardır kullanılan bir polimerdir. Biyouyumlu olması, elastik modülünün düşük olması, hafif ağırlıkta olup dayanıklı olması sebebiyle diş hekimliğindeki kullanımı yaygınlaşmıştır. PEEK, 3,6 GPa elastik modülü olan biyouyumlu bir materyaldir. Karbon fiberle güçlendirilmiş [carbon fiber reinforced (CFR)]-PEEK materyallerinin elastik modülü kortikal kemiğe yakın olan 18 GPa'ya ulaşır.⁸ Böylece hem materyalin kompakt kemik ile uyumu artmaktadır hem de materyal daha stabil ve sağlam hâle gelmektedir.^{9,10} Elastik modülünün kemiğe yakın olması gelen strese karşı kuvvet kırıcı olmasını sağlar.¹¹ PEEK ve kompozitleri doğal radyolüsentliğe sahiptir ve ultrason ve bilgisayarlı tomografi (BT) ile uyum-

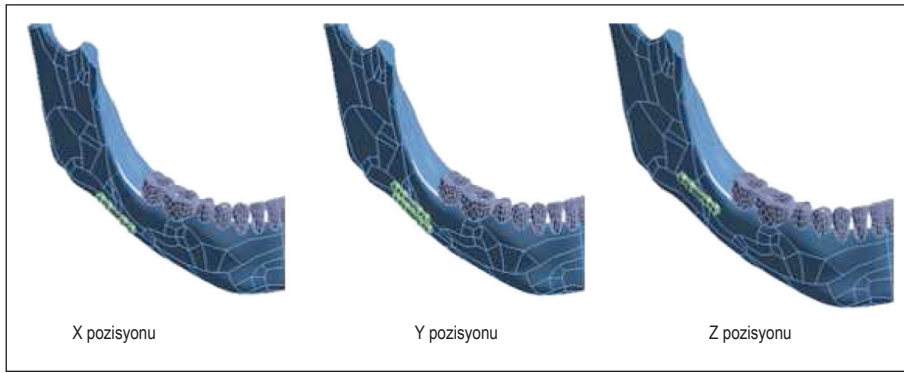
ludur.¹² Bu materyaller gama ve buhar radyasyonu ile sterilize edilebilirler.¹³

Mandibula fraktürlerinin tedavisinde PEEK materyali ile üretilen kişiye özel plaklar kullanılmaya başlanmış olup, literatürde yerini almıştır.^{14,15} Bununla birlikte sonlu elemanlar analiz (SEA) yöntemi yapılan birçok güncel çalışma ile materyal araştırma konusu olmaktadır.^{16,17}

Bu çalışmanın amacı, mandibular angulusun "favorable" kırıklarında (masseter ve medial pterygoid kasların hareketinin kırık segmentlerin birbirine yaklaşmaya yardımcı olduğu kırıklar), CFR-PEEK ve titanyumdan yapılan fiksasyon sisteminin biyomekanik stabilitesinin SEA ile karşılaştırılmasıdır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmada sistem arşivindeki dişli çeneden oluşan modelin BT görüntüleri kullanılarak 3 boyutlu mandibula modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan görüntüler 0,3 mm'lik kesitlerde incelenmiştir. İncelenen görüntüler Tıpta Dijital Görüntüleme ve İletişim'de, tıbbi görüntü dosyası formatında kaydedilmiştir. Oluşturulan BT verileri MİMİCS 10.01 (Materialise, Leuven, Belçika) adlı programa aktarıldı. Elde edilen data 3 boyutlu modele dönüştürülmüştür. Ortaya çıkan 3D model Geomagic Studio'ya (Raindrop Inc., ABD) stereolitografide bir dosya olarak (*.stl) aktarıldı. Model, en dıştaki tabaka 2 mm kortikal kemik olacak şekilde düzenlendi. Daha sonra mandibular angulusda favorable yani kasların kırık yönünde deplase olmaya eğimli olmayan sanal bir kırık oluşturuldu. Kırık parçalar, barlı 4 delikli, 1,0 mm profil kalınlığında mini plakalar ve 5 mm uzunluğunda titanyum vidalarla sabitlendi. Kullanılan mini plaklar titanyum ve CFR-PEEK olmak üzere 2 farklı malzemedir üretilmiştir. Mini plaklar 3 farklı pozisyonda konumlandırılmıştır; X pozisyonu inferiordan bir tane mini plak, Y pozisyonu çift mini plak, Z pozisyonu superiordan bir tane mini plak (Şekil 1). Kemiğin fiziksel özellikleri değişkenlik gösterdiği için kortikal ve süngerimsi kemik yapılarının homojen, izotropik ve doğrusal olarak elastik olduğu kabul edilmiştir. Titanyum ve CFR-PEEK malzemeleri ve kortikal, kanselloz kemiğin fiziksel özellikleri literatürdeki çalışmalar dikkate alınarak gösterilmiştir (Tablo 1).^{18,19} Sadece titanyum malzemesinin fiziksel özel-



ŞEKİL 1: Miniplak yerleşim pozisyonları.

TABLO 1: Materyal özellikleri.				
	Materyal özellikleri			
	Young modülü (MPa)	Poission oranı	Bulk modülü (MPa)	Kayma modülü (MPa)
Kortikal kemik	17.000	0.3	14.167	6538.5
Kansellöz kemik	300	0.3	250	115.38
Titanyum	140.800	0.31	91.930	40.000
CFR-PEEK	18.000	0.39	27.273	6474.8

CFR-PEEK: Karbon fiberle güçlendirilmiş polietetereterketon.

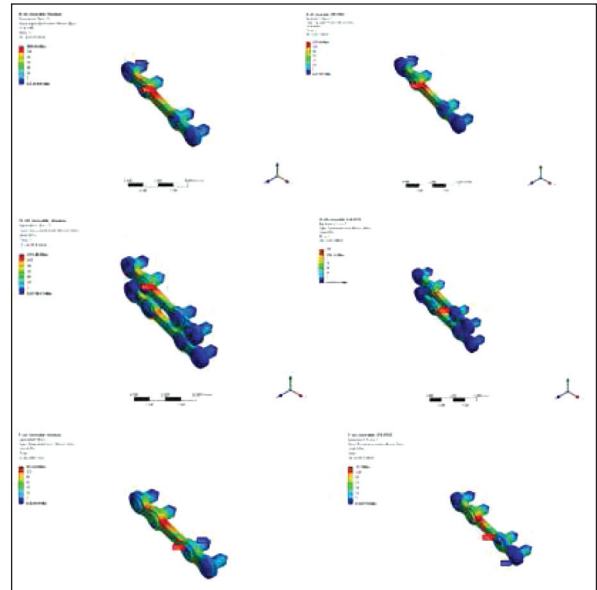


ŞEKİL 2: Uygulanan kuvvetler.

likleri ANSYS programının (ANSYS Workbench 13.0, ABD) kütüphanesinden alınmıştır. Tasarlanan model, mandibular kondil ve koronoid prosenin parçalarından her yöne bilateral olarak kısıtlandırılmıştır. Anterior ve molar bölgede dişlere ısırma kuvvetlerini stimüle etmek için vertikal yönde 200 N kuvvet uygulanmıştır (Şekil 2). Posterior ve anterior kuvvetler altında mini plaklardaki stres dağılımı Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilmiştir. Oluşturulan modelleri sonlu elemanlar yöntemi ile analiz etmek için ANSYS Workbench 13.0 statik yapısal analiz modülü kullanılmıştır. Modeli sonlu elemanlara bölmek için 10 düğümlü tetrahedral elemanlar kullanıldı. Model mesh üretimi işleminde 1433722 tetrahedral element (10 düğümlü) ve 2210253 node ayrıldı. Kırılma hattının mini plak ve vida bağlantılarının uygulanan ısırma kuvvetleri altında gerilme dağılımları ve deformasyon miktarları incelenmiştir.

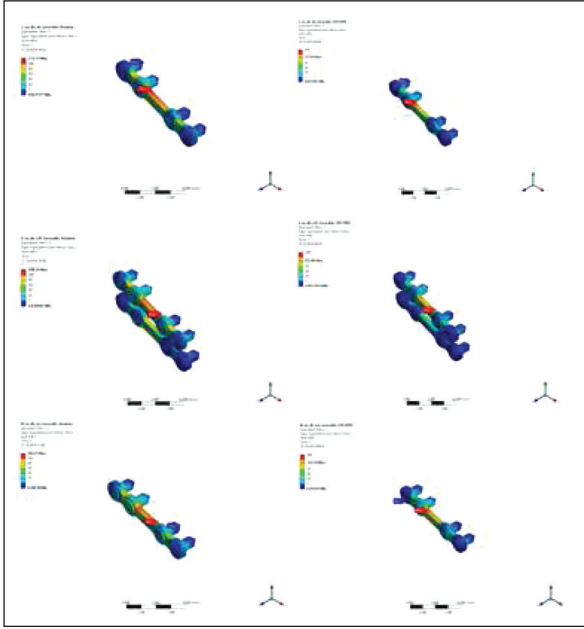
BULGULAR

Pozisyon X konumlandırma bulguları: titanyum mini plaklar posterior kuvvetler altında 0,3 mm total de-



ŞEKİL 3: Plağa uygulanan stresler (posterior kuvvetler altında).

Plağa uygulanan stresler molar kuvvetler altında (soldan sağa doğru 1: Titanyum pozisyon X, 2: CFR-PEEK pozisyon X, 3: Titanyum pozisyon Y, 4: CFR-PEEK pozisyon Y, 5: Titanyum pozisyon Z, 6: CFR-PEEK pozisyon Z).



ŞEKİL 4: Plağa uygulanan stresler (anterior kuvvetler altında).

Plağa uygulanan stresler keser kuvvetler altında (soldan sağa doğru 1: Titanyum pozisyon X, 2: CFR-PEEK pozisyon X, 3: Titanyum pozisyon Y, 4: CFR-PEEK pozisyon Y, 5: Titanyum pozisyon Z, 6: CFR-PEEK pozisyon Z).

formasyon, 389,06 MPa stres gösterir. Bu plağın çene kemiğine ilettiği stresin değeri ise 89,25 MPa'dır. CFR-PEEK de ise total deformasyon miktarı 0,35 mm, plaktaki stres 257,04 MPa'dır. Çene kemiğine ilettiği stres ise 106,69 MPa'dır.

X konumunda anterior kuvvetler altında iken, titanyum mini plaklarda 0,48 mm total deformasyon, 277,75 MPa plağa iletilen stresdir. Çeneye iletilen stres ise 67,86 MPa'dır. CFR-PEEK de ise total deformasyon miktarı 0,5 mm, plaktaki stres 111,09 MPa. Çene kemiğine ilettiği stres ise 71,72 MPa'dır.

Pozisyon Y konumlandırma bulguları: Titanyum mini plaklar posterior kuvvetler altında 0,26 mm total deformasyon, 255,49 MPa stres gösterir. Çene kemiğine iletilen stresin değeri 59,54 MPa'dır. CFR-PEEK de ise total deformasyon miktarı 0,29 mm, plaktaki stres 156,77 MPa'dır. Çene kemiğine ilettiği stres ise 63,6 MPa'dır.

Y konumlandırmada anterior kuvvetler altında titanyum mini plaklarda 0,42 mm total deformasyon, 298,16 MPa plaktaki stres ve çeneye iletilen stres ise 61,79 MPa'dır. CFR-PEEK de ise total deformasyon miktarı 0,44 mm, plaktaki stres 95,2 MPa. Çene kemiğine ilettiği stres ise 65,25 MPa'dır.

Pozisyon Z konumlandırma bulguları: Titanyum mini plaklar posterior kuvvetler altında 0,24 mm total deformasyon, 457,04 MPa stres gösterir. Bu plağın çene kemiğine ilettiği stresin değeri ise 66,18 MPa'dır. CFR-PEEK de ise total deformasyon miktarı 0,31 mm, plaktaki stres 323 MPa. Çene kemiğine ilettiği stres ise 87,91 MPa'dır.

Z konumlandırmada anterior kuvvetler altında titanyum mini plaklarda 0,38 mm total deformasyon 284,21 MPa plaktaki stres ve çeneye iletilen stres ise 94,17 MPa'dır. CFR-PEEK de ise total deformasyon miktarı 0,41 mm, plaktaki stres 112,79 MPa. Çene kemiğine ilettiği stres ise 114,55 MPa'dır (Tablo 2, Tablo 3, Tablo 4).

TABLO 2: Total deformasyon miktarı (mm).

Plak pozisyonu	Kuvvet uygulanma noktası	Total deformasyon (mm)	
		Titanyum	CFR-PEEK
X pozisyonu	Molar	0,30	0,35
	Anterior	0,48	0,50
Y pozisyonu	Molar	0,26	0,29
	Anterior	0,42	0,44
Z pozisyonu	Molar	0,24	0,31
	Anterior	0,38	0,41

CFR-PEEK: Karbon fiberle güçlendirilmiş polietereketon.

TABLO 3: Plağa iletilen misses stresleri (MPa).

Plak pozisyonu	Kuvvet uygulanma noktası	Plağa iletilen misses stresleri (MPa)	
		Titanyum	CFR-PEEK
X pozisyonu	Molar	389,06	257,06
	Anterior	277,75	111,09
Y pozisyonu	Molar	255,49	156,77
	Anterior	298,16	95,2
Z pozisyonu	Molar	457,04	323
	Anterior	284,21	112,79

CFR-PEEK: Karbon fiberle güçlendirilmiş polietereketon.

TABLO 4: Çeneye iletilen stres (MPa).

Plak pozisyonu	Kuvvet uygulanma noktası	Çeneye iletilen stres (MPa)	
		Titanyum	CFR-PEEK
X pozisyonu	Molar	89,25	106,69
	Anterior	67,86	71,72
Y pozisyonu	Molar	59,54	63,6
	Anterior	61,79	62,25
Z pozisyonu	Molar	66,18	87,91
	Anterior	94,17	114,55

CFR-PEEK: Karbon fiberle güçlendirilmiş polietereketon.

Çalışmamızın metodu gereği etik inceleme komitesi tarafından onaylandığını belirten bir beyana gerek duyulmamaktadır.

TARTIŞMA

SEA, malzemelerin farklı kuvvetlere maruz kaldığında nasıl tepki vereceğini tahmin eden bir sistemdir.²⁰ Bu çalışmada, SEA tekniğinin tercih edilmesinin sebebi maksillofasiyal alanda kullanımının kısıtlı olduğu PEEK materyalinden oluşturulan fiksasyon sistemlerinin çene kemiğine ilettiği yükleri ve kemikte oluşturduğu stresi ve sınırlarını doğru ve rilerle elde edebilmektir.

Günümüzde mini plak fiksasyon sistemlerinde birçok materyal kullanılmaktadır. Bunlar; paslanmaz çelik, titanyum, vitalyum ve karbon fiberdir. Titanyum, günümüzde sıklıkla tercih edilen bir materyaldir. Biyouyumluluğu çok yüksektir ve minimal doku reaksiyonu gösterir.^{6,7} Ancak manyetik rezonans görüntüleme (MRG) taramalarında görüntü bozulmaları, hipersensitivite reaksiyonları gibi dezavantajları bulunmaktadır.^{21,22}

PEEK, son dönemde diş hekimliği envanterinde öne çıkmaya başlamıştır ve mevcut kullanılmakta olan malzemelere paralel daha iyi özellikleri olduğu düşünülmektedir. Yapılan çalışmalar, PEEK materyalinin elastik modülünün 3,6 GPa olduğunu göstermektedir. CFR-PEEK'nin elastik modülü ise 18 GPa'dır ve 15 GPa olan kortikal kemiğin elastik modülüne daha yakındır.⁸ CFR-PEEK materyalinin titanyuma göre elastik modülünün kemiğe yakın olması gelen strese karşı kuvvet kırıcı olmasını sağlar.¹¹ CFR-PEEK'nin diğer avantajları BT ve MRG'de görüntü bozmamasıdır.²³⁻²⁵

Maksillofasiyal rekonstrüksiyonda kişisel onley ve inley PEEK implantlarının kullanımı iyi sonuçlar göstermiştir. Mandibular segmental defektlerin rekonstrüksiyonunda PEEK implantlarının kullanımı literatürde iyi belgelenmemiştir.¹⁴ Mandibula kırıklarında ise PEEK materyali üretilmiş fiksasyon sistemlerinin kullanımı literatürde son yıllarda yerini almaktadır.^{4,14,15} Bununla birlikte özellikle SEA yöntemi ile gerçekleştirilen çalışmalarla bu fiksasyon sistemlerinin etkinliği incelenmeye devam etmektedir.^{16,17,26}

Mandibula angulus kırıklarının Champy'nin tanımladığı olarak bilinen eksternal oblik çizgi boyunca uygulanan tek plakla tedavisi birçok çalışmada başarılı bir şekilde uygulanmıştır.¹⁷ Ancak Kroon ve ark. ise Champy tekniğinin mandibular açılı kırıklarında enfeksiyon kuvvetine karşı zayıf direnç, zayıf rijidite ve zayıf stabilite ile ilişkili olabileceğinden bu dezavantajların üstesinden gelmek için daha yeni yöntemlere yöneldiklerini bildirmişlerdir.²⁷ Çalışmamızda Champy tekniğine bu gibi olumsuz etkilerden dolayı yer vermedik. Literatürde kullanılan tek ve çift plaktan oluşan titanyum ve PEEK materyalinden olan fiksasyon sistemlerini karşılaştırmayı tercih ettik.²

Li ve ark. PEEK materyali gerçekleştirdikleri mandibular rekonstrüksiyon vakalarında, lokal enfeksiyon, spesifik inflamatuvar yanıtlar, implantın yer değiştirmesi veya gevşemesi gibi hiçbir komplikasyon görülmediğini belirtmişlerdir.²⁸

Dessoky ve ark. mandibula kırığının çift PEEK plağı ile tespiti 6 aylık takibi sonrasında tatmin edici klinik ve radyografik sonuçlar sağladığını, Abdelmoneim ve ark. ise pediatrik mandibula kırıklarında kullandıkları kişiye özel tasarlanmış PEEK plaklarının; makul ameliyat süresi, hassas redüksiyon, daha az ameliyat sonrası komplikasyon ve uygun kemik iyileşmesi sunduğundan pediatrik mandibula kırıklarının tedavisinde daha iyi bir seçenek olabileceğini belirtmişlerdir.^{14,15} Bu 2 çalışmada da mandibuladaki fraktürün hangi lokalizasyonda olduğu ve kullanılan plak kalınlığıyla ilgili herhangi bir bilgi paylaşılmamıştır.

Abaas ve ark. yaptıkları çalışmada ise 4 mm kalınlığında birbirine bağlı çift plağı titanyum vidalar kullanılarak kırık bölgesine fikse etmişlerdir.²⁹ Klinik olarak tatmin edici sonuçlar aldıklarını belirtmişlerdir. Bu çalışmada da fraktür lokalizasyonu ile ilgili bilgiye yer verilmemiştir.

Yapılan klinik çalışmaların kısıtlı ve paylaşılan verilerin yetersiz olması sebebiyle mandibula angulus fraktürlerine yönelik bir değerlendirme yapılamamaktadır. Bununla birlikte klinik uygulamalarda yararlar başarılı sonuçlar elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Diker ve ark. 2018 yılında yaptıkları çalışmada, titanyum plakların dayanım gösterebildiği en yüksek

akma dayanımı (yield strength) değeri 880 N, CFR-PEEK materyalinin ise 380 N olarak belirtilmiştir. Bu değerler, plağa gelen kuvvetler karşısında plakların dayanım gösterip göstermedikleri bilmek için önemlidir.²⁶

Çalışmamızda CFR-PEEK materyalinin kullanıldığı fiksasyon modellerinde plak streslerinin literatürde belirtilen akma dayanımı değerlerinin altında kaldığı izlenmiştir. Böylece plakların, gelen yükler karşısında kırılmayıp dayanım gösterecekleri bulunmuştur.

Diker ve ark. yaptıkları çalışmada, kısa CFR-PEEK mini plaklar maksimum stres değerleri (her plak profil kalınlığı ve aynı yükleme koşulunda) titanyum mini plaklara göre daha az stres gösterdiği bulunmuştur.²⁶ Çalışmamızda da buna paralel şekilde plakta biriken maksimum stres değerleri CFR-PEEK modellerinde daha az bulunmuştur.

Avcı ve ark.nın 2022 yılında yaptıkları çalışmada da kötü huylu mandibula angulusun kırıklarında CFR-PEEK materyalinin biyomekanik stabilitesi araştırılmıştır.¹⁷ İki mm kalınlığındaki CFR-PEEK plakaları 1 mm kalınlıktaki titanyum potansiyel bir alternatif olarak sunmuşlardır. CFR-PEEK ile oluşturulan fiksasyon sistemine daha az yük bindiğini belirtmişlerdir.

Yaptığımız çalışmada 200 N'luk anterior ve posterior çiğneme kuvvetleri karşısında titanyum mini plaklar ve CFR-PEEK mini plaklarla fikse edilmiş total deformasyon miktarları titanyum mini plaklarda daha az bulunmuştur. Bu da titanyumla yapılan fiksasyon sistemlerinin beklendiği gibi daha rijit bir sistem olduğunu göstermektedir. Çalışmamızda 1 mm kalınlığında CFR-PEEK plak modelleriyle çalışılmıştır. Avcı ve ark. belirttiği gibi plak kalınlığının artırılmasıyla titanyum materyaline potansiyel bir alternatif olması önerilebilmektedir.¹⁷

Titanyum mini plak modellerinde her üç konumlandırılmada (X, Y, Z) ve anterior ve posterior kuvvetler altında çene modellerine iletilen stresler

CFR-PEEK mini plaklara göre daha az olmaktadır. Bu konumlandırmalardan çeneyle iletilen stres değerinin titanyuma en yakın olduğu mini plak fiksasyon sistemi modellemesi hem anterior hem posterior kuvvetler karşısında çift CFR-PEEK çift plak (Y pozisyonu) sistemidir.

SONUÇ

Mandibulanın favorable angulus kırıklarında, plak sistemlerine iletilen stres azaldığı için CFR-PEEK plakların titanyum mini plaklara göre avantajlı olduğu görülmüştür.

Kemiğe iletilen stres ve deplasman değerlerine bakıldığında ise titanyum daha iyi değerler göstermiştir. Buda titanyumun daha rijit bir sistem olduğunu göstermektedir. Kemiğin iyileşme döneminde PEEK materyalleriyle oluşturulan fiksasyon sistemlerinin iyileşmeye olan katkıları üzerine çalışmalar yapılmalıdır.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Mehmet Zahit Baş; **Tasarım:** Mehmet Zahit Baş; **Denetleme/Danışmanlık:** Mehmet Zahit Baş; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Enes Bekman; **Analiz ve/veya Yorum:** Selim Har-tomacıoğlu; **Kaynak Taraması:** Sava Baydar; **Makalenin Yazımı:** Musa Erdem; **Eleştirel İnceleme:** Enes Bekman; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** Musa Erdem; **Malzemeler:** Sava Baydar.

KAYNAKLAR

- Patel N, Kim B, Zaid W. A detailed analysis of mandibular angle fractures: epidemiology, patterns, treatments, and outcomes. *J Oral Maxillofac Surg.* 2016;74(9):1792-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Batbayar EO, van Minnen B, Bos RRM. Non-IMF mandibular fracture reduction techniques: A review of the literature. *J Craniomaxillofac Surg.* 2017;45(8):1327-32. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Perren SM, Huggler A, Russenberger M, Straumann F, Müller ME, Allgöwer M. A method of measuring the change in compression applied to living cortical bone. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1969;125:7-16. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Bhatt K, Roychoudhury A, Bhutia O, Trikha A, Seith A, Pandey RM. Equivalence randomized controlled trial of bioresorbable versus titanium miniplates in treatment of mandibular fracture: a pilot study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010;68(8):1842-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Esen A. Mandibula angulus fraktürlerinde titanyum ve rezorbe olabilen plak ve vida fiksasyonlarının stabiliteilerinin karşılaştırılması [Doktora tezi]. [Erişim tarihi: 22 Mayıs 2023]. Erişim linki: [[Link](#)]
- Arens S, Schlegel U, Printzen G, Ziegler WJ, Perren SM, Hansis M. Influence of materials for fixation implants on local infection. An experimental study of steel versus titanium DCP in rabbits. *J Bone Joint Surg Br.* 1996;78(4):647-51. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Longwe EA, Zola MB, Bonnicksen A, Rosenberg D. Treatment of mandibular fractures via transoral 2.0-mm miniplate fixation with 2 weeks of maxillo-mandibular fixation: a retrospective study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010;68(12):2943-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Özden S, Demir H. Polieter eter keton (peek) diş hekimliğinde yükselen materyal [Material rising in dentistry poly-ether-ether-ketone (PEEK)]. *Necmettin Erbakan University Dental Journal.* 2020;2(2):76-85. [[Link](#)]
- Panayotov IV, Orti V, Cuisinier F, Yachouh J. Polyetheretherketone (PEEK) for medical applications. *J Mater Sci Mater Med.* 2016;27(7):5731-4. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Nakahara I, Takao M, Bandoh S, Bertollo N, Walsh WR, Sugano N. In vivo implant fixation of carbon fiber-reinforced PEEK hip prostheses in an ovine model. *J Orthop Res.* 2013;31(3):485-92. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Rho JY, Ashman RB, Turner CH. Young's modulus of trabecular and cortical bone material: ultrasonic and microtensile measurements. *J Biomech.* 1993;26(2):111-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Mursch K, Behnke-Mursch J. Polyether ether ketone cranioplasties are permeable to diagnostic ultrasound. *World Neurosurg.* 2018;117:142-3. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Sheiko N, Kékicheff P, Marie P, Schmutz M, Jacomine L, Perrin-Schmitt F. PEEK (polyether-ether-ketone)-coated nitinol wire: Film stability for biocompatibility applications. *Applied Surface Science.* 2016;389:651-65. [[Crossref](#)]
- Abdelmoneim NM, El-Mahallawy AS, Soliman MM, Noureldin MG, Gamaleldin OA. Treatment of pediatric mandibular fractures using customized computer assisted peek plates. *Alexandria Dental Journal.* 2022;47(3):177-84. [[Crossref](#)]
- Dessoky NY, El-Mahallawy AS, Fahmy MH, Khalil MM. Use of custom made PEEK plates for treatment of mandibular fracture. *Alexandria Dental Journal.* 2020;45(2):1258. [[Link](#)]
- Sarot JR, Contar CM, Cruz AC, de Souza Magini R. Evaluation of the stress distribution in CFR-PEEK dental implants by the three-dimensional finite element method. *J Mater Sci Mater Med.* 2010;21(7):2079-85. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Avci T, Omezli MM, Torul D. Investigation of the biomechanical stability of Cfr-PEEK in the treatment of mandibular angulus fractures by finite element analysis. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2022;123(6):610-5. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Najeeb S, Zafar MS, Khurshid Z, Siddiqui F. Applications of polyetheretherketone (PEEK) in oral implantology and prosthodontics. *J Prosthodont Res.* 2016;60(1):12-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Pinheiro M, Willaert R, Khan A, Krairi A, Van Paepegem W. Biomechanical evaluation of the human mandible after temporomandibular joint replacement under different biting conditions. *Sci Rep.* 2021;11(1):14034. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Welch-Phillips A, Gibbons D, Ahern DP, Butler JS. What is finite element analysis? *Clin Spine Surg.* 2020;33(8):323-4. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Schwitalla A, Müller DW. PEEK dental implants: a review of the literature. *J Oral Implantol.* 2013;39(6):743-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Özkurt Z, Kazazoğlu E. Zirconia dental implants: a literature review. *J Oral Implantol.* 2011;37(3):367-76. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Draenert FG, Coppentrath E, Herzog P, Müller S, Mueller-Lisse UG. Beam hardening artefacts occur in dental implant scans with the NewTom cone beam CT but not with the dental 4-row multidetector CT. *Dentomaxillofac Radiol.* 2007;36(4):198-203. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Zhang Y, Zhang L, Zhu XR, Lee AK, Chambers M, Dong L. Reducing metal artifacts in cone-beam CT images by preprocessing projection data. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2007;67(3):924-32. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Di Maggio B, Sessa P, Mantelli P, Maniscalco P, Rivera F, Calori GM, et al. PEEK radiolucent plate for distal radius fractures: multicentre clinical results at 12 months follow up. *Injury.* 2017;48 Suppl 3:S34-S8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Diker N, Bayram B. Feasibility of carbon-fiber-reinforced polymer fixation plates for treatment of atrophic mandibular fracture: A finite element method. *J Craniomaxillofac Surg.* 2018;46(12):2182-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Kroon FH, Mathisson M, Cordey JR, Rahn BA. The use of miniplates in mandibular fractures. An in vitro study. *J Craniomaxillofac Surg.* 1991;19(5):199-204. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Li Y, Li Z, Tian L, Li D, Lu B, Shi C, et al. Clinical application of 3D-printed PEEK implants for repairing mandibular defects. *J Craniomaxillofac Surg.* 2022;50(8):621-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Abaas R, Salah K, Mounir R. Clinical assessment of open reduction internal fixation (ORIF) of mandibular body fractures using computerassisted polyetherether ketone (PEEK) custom made plates versus conventional titanium plates: a randomized clinical trial. *Indian Journal of Public Health Research & Development.* 2021;12(2):322-6 [[Link](#)]