

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ
ANABİLİM DALI

**MEDİAL KELEBEK FRAGMANLI HUMERUS
CİSİM KIRIKLARINDA FARKLI İNTERNAL
TESPİT YÖNTEMLERİNİN BİYOMEKANİK
DEĞERLENDİRİLMESİ
(BİYOMEKANİK ÇALIŞMA)**

DR.MEHMET AYKUT TÜRKEN

UZMANLIK TEZİ

İZMİR-2009

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ANABİLİM DALININ ADI
ANABİLİM DALI

**MEDİAL KELEBEK FRAGMANLI HUMERUS
CİSİM KIRIKLARINDA FARKLI İNTERNAL
TESPİT YÖNTEMLERİNİN BİYOMEKANİK
DEĞERLENDİRİLMESİ
(BİYOMEKANİK ÇALIŞMA)**

UZMANLIK TEZİ

DR.MEHMET AYKUT TÜRKEN

DANIŞMAN ÖĞRETİM ÜYESİ: DOÇ.DR. H.MUSTAFA ÖZKAN

İÇİNDEKİLER:

1. ÖZET

2. SUMMARY

3. GİRİŞ VE AMAÇ

4. GENEL BİLGİLER

4.1 Humerus kemik anatomisi

4.2 Kolun yumuşak doku anatomisi

4.3 Humerus kanlanması

4.4 Yaralanma mekanizması

4.5 Sınıflandırma

4.6 Radyolojik değerlendirme

4.7 Tedavi

4.7.1 Konservatif tedavi

4.7.2 Cerrahi tedavi

4.7.2.1 Cerrahi yaklaşımlar

4.7.2.2 Minimal girişimle plak tespiti

4.7.2.3 İntramedüller çivileme

4.8 Biyomekanik testlerde genel kavramlar

4.8.1 Gerim(stres)

4.8.2 Gerilim(strain)

4.8.3 Yükleme biçimleri

4.8.3.1 Kompresif ve tensil yüklenme

4.8.3.2 Bükülme (bending)

4.8.3.3 Burulma

4.8.3.4 Çok yönlü yüklenme

5. GEREÇ VE YÖNTEMLER

5.1 Araştırmanın tipi, yapıldığı yer, tarih

5.2 Örneklerin hazırlığı

5.3 Gruplar

5.4 Yükleme testleri

5.4.1 Burulma testleri

5.4.2 Dört nokta bükülme (bending) testleri

5.5 Ölçümlerin istatistik incelenmesi

6. BULGULAR

6.1 Burulma (torsiyon) testleri

6.2 Dört nokta bükülme (bending) testleri

7.TARTIŞMA

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

9. KAYNAKLAR

10. EKLER

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Humerus kırıklarının AO sınıflaması

Tablo 2: Burulma testinde farklı tespit yöntemlerinin yük – yer değiştirme miktarlarının minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri

Tablo 3: Dört nokta bükölme testinde farklı tespit yöntemlerinin yük – yer değiştirme miktarlarının minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri

Tablo 4: Antegrad çivileme yapılan grupta dört nokta bükölme ve burulma testlerindeki yer değiştirme miktarları (mm)

Tablo 5: Retrograd çivileme yapılan grupta dört nokta bükölme ve burulma testlerindeki yer değiştirme miktarları (mm)

Tablo 6: Plaklama yapılan grupta dört nokta bükölme ve burulma testlerindeki yer değiştirme miktarları (mm)

SEKİL LİSTESİ

Şekil 1 a,b,c : Medial kelebek fragmanlı humerus kırıklı hastanın takip radyografileri. Plaklı tespit sonrası görülen kaynamama.

Şekil 2 a,b,c : Medial kelebek fragmanlı humerus kırıklı diğer bir hastanın takip radyografileri.

Şekil 3: Humerus kemik anatomisi

Şekil 4: Kolun kasları

Şekil 5: Kolun damar ve sinirleri

Şekil 6: Humerus kanlanması. Siyah bölgeler tek besleyici artere sahip bölgeleri gösteriyor.

Şekil 7: Humerusun kanlanması

Şekil 8: Kolun yaralanma mekanizması

Şekil 9: AO humerus kırık sınıflamasında B2 kırık

Şekil 10: Antegrad çivileme giriş noktası

Şekil 11: Retrograd çivileme giriş noktası

Şekil 12: Kompresif, tensil ve makaslama gerimleri

Şekil 13: Gerinim kuvvetleri

Şekil 14: Dört nokta bükülme kuvvetleri

Şekil 15: Burulma yüklenmesi

Şekil 16: Çok yönlü yüklenme

RESİM LİSTESİ

Resim 1: Osteotomize edilmiş humerus kemik modelleri

Resim 2 a,b: Antegrad intramedüller çivi uygulanmış kemik modeli ve radyografisi

Resim 3 a,b: Retrograd intramedüller çivi uygulanmış kemik modeli ve radyografisi

Resim 4 a,b: Plak- vida tespiti uygulanmış kemik modeli ve radyografisi

Resim 5: Burulma aparatının basma aletine uygulanması

Resim 6: Dört nokta bükülme cihazının basma aletine uygulanması

Resim 7: Burulma aparatı

Resim 8: Burulma aparatında plaklanmış deneğin yandan görüntüsü

Resim 9: Burulma aparatının sabit bölümünde deneğin santralizasyonu

Resim 10: Burulma aparatında çivilenmiş deneğin yandan görüntüsü

Resim 11: Dört nokta bükülme aparatının görüntüsü

Resim 12: Plaklanmış deneğin dört nokta bükülme aparatında görüntüsü

Resim 13: Basma aletinde deneğin dört nokta bükülme testi

GRAFİK LİSTESİ:

Grafik 1: Köprü plaklama grubundan bir deneğin burulma testinde elde edilen yük – yer değiştirme eğrisi

Grafik 2: Antegrad intramedüller çivileme grubundan bir deneğin burulma testinde elde edilen yük – yer değiştirme eğrisi

Grafik 3: Retrograd intramedüller çivileme grubundan bir deneğin burulma testinde elde edilen yük – yer değiştirme eğrisi

Grafik 4: Köprü plaklama grubundan bir deneğin dört nokta bükülme testinde elde edilen yük – yer değiştirme eğrisi

Grafik 5: Antegrad intramedüller çivileme grubundan bir deneğin dört nokta bükülme testinde elde edilen yük – yer değiştirme eğrisi

Grafik 6: Retrograd intramedüller çivileme grubundan bir deneğin dört nokta bükülme testinde elde edilen yük – yer değiştirme eğrisi

Grafik 7: Grupların burulma testindeki yer değiştirme miktarlarının ortalama değerleri

Grafik 8: Grupların dört nokta bükülme testindeki yer değiştirme miktarlarının ortalama değerleri

KISALTMALAR

LC-DCP : Limitli temaslı dinamik kompresyon plağı

DCP: Dinamik kompresyon plağı

AO/ASIF: Arbeitsgemeinschaft für osteosynthesefragen / Association for the study of internal fixation

PC-FIX: Nokta temaslı fiksator

LISS: Az invaziv stabilizasyon sistemi

ÖNSÖZ

Eğitimime katkısı olan ve asistanlık eğitimim boyunca deneyimlerimden ve bilgilerimden büyük fayda gördüğüm sayın hocalarım; Prof. Dr. Emin ALICI, Prof. Dr. Şükrü ARAÇ, Prof. Dr. Osman KARAOĞLAN, Prof. Dr. Ahmet EKİN, Prof. Dr. Hasan HAVITÇIOĞLU, Prof. Dr. Halit PINAR, Prof. Dr. Haluk BERK, Prof. Dr. İzge GÜNAL, Prof. Dr. Hasan TATARİ, Doç. Dr. Mustafa ÖZKAN, Doç. Dr. Vasfi KARATOSUN, Doç. Dr. Ömer AKÇALI, Doç. Dr. Can KOŞAY ve Doç. Dr. Kadir BACAĞOĞLU'na teşekkür ederim.

Tezim ile ilgili her konuda bana yardımcı olan ve tez danışmanlığımı yapan sayın Doç. Dr. Mustafa ÖZKAN'a ayrıca teşekkürü borç bilirim.

Tezimde biyomekanik ölçümler sırasındaki değerli yardımlarından ötürü DEÜTF Biyomekanik Anabilim Dalı asistanlarından Bora Uzun'a teşekkür ederim.

Tezimde kullandığım implantların temininde yardımcı olan ve teknik desteğini esirgemeyen Synthes Tıbbi Cihazlar San. ve Tic. Ltd. Şti. firmasına ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Tezimde kullanılmak üzere burulma ve dört nokta bükülme cihazını özenle yapan Görkem Makina kalıp atölyesinden Yüksel ÇETİNKAYA'ya teşekkür ederim.

Asistanlık eğitimim boyunca kliniğimizde ve ameliyathanede beraber çalıştığım tüm asistan arkadaşlarıma, hemşire arkadaşlarıma, personel arkadaşlarıma, klinik ve poliklinik sekreterlerimize teşekkür ederim.

Beni yetiştirip bu günlere getiren ve yaşamımın her anında desteklerini esirgemeyen sevgili annem Zehra TÜRKEN'e ve babam Tahir TÜRKEN'e teşekkür ederim.

Bu uzun ve zor asistanlık süresi boyunca manevi desteğini ve eşsiz sabrını esirgemeyen sevgili eşim Melda TÜRKEN'e ve hayatımın anlamı olan biricik oğlum Çınar TÜRKEN'e çok teşekkür ederim.

1.ÖZET

MEDİAL KELEBEK FRAGMANLI HUMERUS CİSİM KIRIKLARINDA FARKLI INTERNAL TESPİT YÖNTEMLERİNİN BİYOMEKANİK DEĞERLENDİRİLMESİ (Biyomekanik Çalışma)

Dr. Mehmet Aykut TÜRKEN
Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi
Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı
İnciraltı-İzmir

Medial kelebek fragmanlı humerus cisim kırıklarında en önemli problem medial kelebek fragmanın kaynama problemi. Cisim kırıklarının orta distal üçte bir bileşkesinde medial bölgeden giren tek bir besleyici arterin varlığı bu sorunun temel nedenidir. Bu durumda kaynamamaya bağlı olarak, kullanılan cerrahi materyalde belli süre içinde implant yetersizliği gelişir. Bu çalışmada amaç, medial kelebek fragmanın dolaşımını bozmadan uygulanabilecek biyolojik tespit yöntemlerinin, biyomekanik dayanıklılıklarını karşılaştırmaktır.

Yirmibir adet white cortical shell sol humerusa, AO 12B2 kırık şekline benzer biçimde, medial epikondilin 13 cm proksimalinden, tepe noktası lateralde tabanı medialde olacak şekilde kelebek fragmanlar oluşturuldu. Humeruslara, grupların her birinde yedi denek olacak şekilde, antegrad intramedüller çivileme, retrograd intramedüller çivileme ve köprü plaklama uygulandı. Çalışmada 9x280 mm'lik expert humeral nail sistem (synthes), kelebek fragmanı çıkarılmış kemiklere antegrad ve retrograd yolla uygulandı. İki adet vida ile distal ve proksimalden kilitlendi. Plak grubunda ise 10 delikli dar 4.5 mm'lik LC-DCP plak (synthes), kırık bölgesini köprüleyecek biçimde, humerusun anterolateralinden sekiz adet plağa kilitlenen ve karşı kortekse uzanmayan 20 mm'lik vida ile tespit edildi.

Bükülme ve burulma yüklenmeleri için özel düzenekler hazırlandı. Burulma yüklenmesi için humerusların distal kısmına eksternal rotasyon sağlayacak düzenek ile 320 N'a kadar, basma hızı 5 mm/dak olacak şekilde sürekli artan yüklenme uygulandı. Burulma testlerinde 320 N yükü 9.6 N/m'lik tork uygulandı. Moment = uygulanan yük x mesafe olarak ölçüldü ve ölçümler sonucunda yük (N) - yer değiştirme (mm) eğrileri elde edildi. Dört nokta bükülme testi için basma aleti ile mediolateral doğrultuda 500 N'a kadar, hızı 5 mm/dak olacak şekilde aksiyel kompresyon uygulandı ve yük (N)- yer değiştirme (mm) eğrileri elde

edildi. Burulma testlerinde elde edilen yer değiştirme değerleri; köprü plaklama uygulanan grupta ortalama 37.38 mm (25.75-55.68 mm), antegrad çivileme uygulanan grupta ortalama 26.55 mm (21.25-41.81 mm), retrograd çivileme uygulanan grupta ortalama 33.23 mm (27.50-46.45 mm) olarak saptandı. Dört nokta bükülme testinde elde edilen yer değiştirme değerleri; köprü plaklama uygulanan grupta ortalama 3,27 mm (2.54-3.73 mm), antegrad çivileme uygulanan grupta ortalama 3.17 mm (2.67-3.55 mm), retrograd çivileme uygulanan grupta ortalama 3.15 mm (2.10-4.02 mm) olarak saptandı. Bu sonuçlar altında yapılan burulma ve bükülme testlerinde gruplar arasında anlamlı fark saptanamamıştır.

Medial kelebek fragmanlı humerus kırıkları tedavisi en problemlili olan kırık grubunu oluşturur. Günümüzde kırık fragmanlarının beslenmesini bozmayan biyolojik tespit yöntemleri daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Bu alışmamızda medial fragmana herhangi bir tespit yapılmadan, biyolojik tespit modeli oluşturulmuş ve bu şekilde antegrad intramedüller çivileme, retrograd intramedüller çivileme ve plak vida sistemleri karşılaştırılmıştır. Bu  yöntemin biyomekanik olarak birbirlerine üstünlüğü olmadığı saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Humerus kırıkları, Biyomekanik, Tespit, İntamedller ivi, Plak

2. SUMMARY

BIOMECHANICAL EVALUATION OF DIFFERENT INTERNAL FIXATION METHODS FOR HUMERUS SHAFT FRACTURES WITH MEDIAL BUTTERFLY FRAGMENT (BIOMECHANICAL STUDY)

Dr. Mehmet Aykut TURKEN

Dokuz Eylul University Faculty of Medicine

Department of Orthopedics and Traumatology

Inciralti-Izmir

The most crucial problem in medial butterfly fragmented humerus shaft fractures is the healing problem of medial butterfly fragment. The basic reason of this problem in shaft fractures is the existence of a single nutritional artery entering from medial region in mid-distal one-third junction. In this case, implant failure develops in the surgical material used in time due to nonunion. The objective of this study is to compare biomechanical strength of biologic fixation methods that can be implemented without disturbing the circulation of medial butterfly fragment.

Butterfly fragments were formed to left twenty-one white cortical shell humerus, similar to AO 12B2 fracture, in a way that its peak point would be in lateral and its bottom would be in medial from 13 cm proximal of medial epicondyle. In a way that each group would consist of seven experimental subjects, antegrade intramedullary nailing, retrograde intramedullary nailing and bridge plating were applied to humeruses. In the study, 9x280 mm expert humeral nail system (synthes) was applied by antegrade and retrograde means to the bones butterfly fragment of which were removed. Distal and proximal lockings were locked with two screws. In the plate group, 10 holed narrow 4.5 mm LC-DCP plate (synthes) were fixed with 20 mm screw locking to eight plates from anterolateral of humerus and not extending to the opposite cortex in a way to bridge the region of fracture.

Special assemblies were prepared for bending and rotational overloads. For rotational overload, a constantly increasing overload was applied with an assembly, in a way that pressure speed would be 5 mm/min. up to 320 N, to ensure external rotation to distal part of the humeruses. In rotational tests, 9.6 N/m torque was applied with 320 N load. It was measured that moment= load applied x distance, and at the end of the measurements load (N) – displacement (mm) curves were obtained. For four-point bending test, axial compression

was applied in a way that the speed would be 5 mm/min. up to 500 N at mediolateral direction by means of pressing tool, and load (N) – displacement curves were obtained. Displacement values obtained in torsion tests are found as follows: mean 37.38 mm (25.75 mm – 55.68 mm) in the group applied bridge plating, mean 26.55 mm (21.25 mm – 41.81 mm) in the group applied antegrade nailing, mean 33.23 mm (27.20 mm – 46.45 mm) in the group applied retrograde nailing. Displacement values obtained in four-point bending test are found as follows: mean 3.27 mm (2.54 mm – 3.73 mm) in the group applied bridge plating, mean 3.17 mm (2.67 mm – 3.55 mm) in the group applied antegrade nailing, mean 3.15 mm (2.10 mm – 4.02 mm) in the group applied retrograde nailing. No meaningful difference was found among the groups in the torsion and bending tests under these results.

Medial butterfly fragmented humerus fractures are the most problematic group in humeral fractures. Today, biologic fixation methods not disturbing the blood supply of fracture fragments are being used more commonly. In this study, a biologic fixation model to mimic biologic fixation without fixing the medial fragment was establish, and in this way, antegrade intramedullary nailing, retrograde intramedullary nailing and plate screw systems were compared. It was found that these three methods have no superiority to one another as biomechanical.

Key words: Humerus fractures, Biomechanic, Fixation, Intramedullary nailing, Plate

3.GİRİŞ VE AMAC

Humerus cisim kırıkları, tüm kırıkların %1-3'üdür. Yapılan epidemiyolojik çalışmalar, yaş dağılımının bimodal olduğunu, ilk olarak yaşamın üçüncü dekatında erkeklerde ve ikinci olarak sekizinci dekatta ve kadınlarda sıklıkla görüldüğünü göstermektedir (1, 2).

Humerus cisim kırıklarının birçoğu konservatif yöntemlerle başarı ile tedavi edilebilir. Tanımlanmış bir takım durumlarda cerrahi girişim düşünülebilir. Cerrahi tespit yöntemi olarak plak vida tespiti, intramedüller çivileme, eksternal fiksatörler kullanılabilir (3-7).

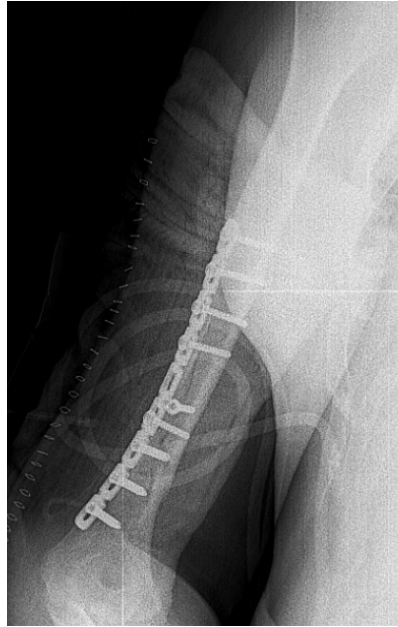
Kırıkların internal fiksasyonu, son yıllarda mekanik özelliklerden biyolojik özelliklerin önemine doğru değişim göstermiştir. Daha esnek tespitler daha az katılıkla, callus formasyonu oluşumuna yol açmıştır. Dolaylı redüksiyon cerrahi travmayı azaltmıştır. Bu minimal kemik implant kontağı, kilitli internal fiksatörler kullanılarak, uzun geniş köprüleme ve birkaç vida ile sağlanır (1).

Cerrahi uygulamada plak vida tespiti ya da intramedüller çivi kullanılması tercihi, biyomekanik, cerrahi planlamalar ve komplikasyonlar açısından tartışma konusudur (6).

Bütün yaralarda olduğu gibi kemikte de iyileşme kanlanmaya bağlıdır. Humerus cisim kırıklarında kaynamadaki sorun, orta distal üçte bir bileşkesinde, medial bölgeden giren tek besleyici arterin, kırık sırasında ya da cerrahi sırasında hasara uğraması olabilir (4).



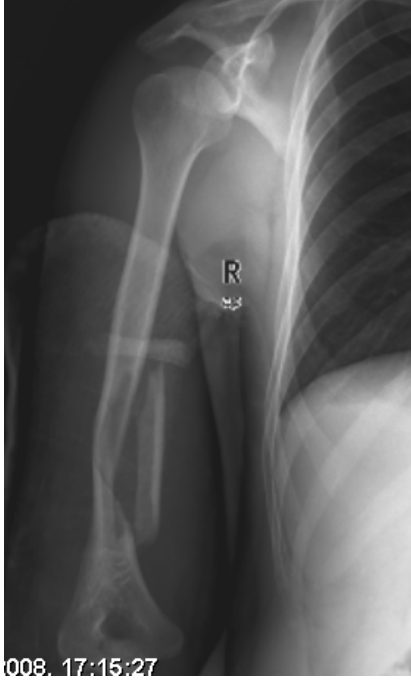
Şekil 1a



Şekil 1b



Şekil 1c



Şekil 2a



Şekil 2b



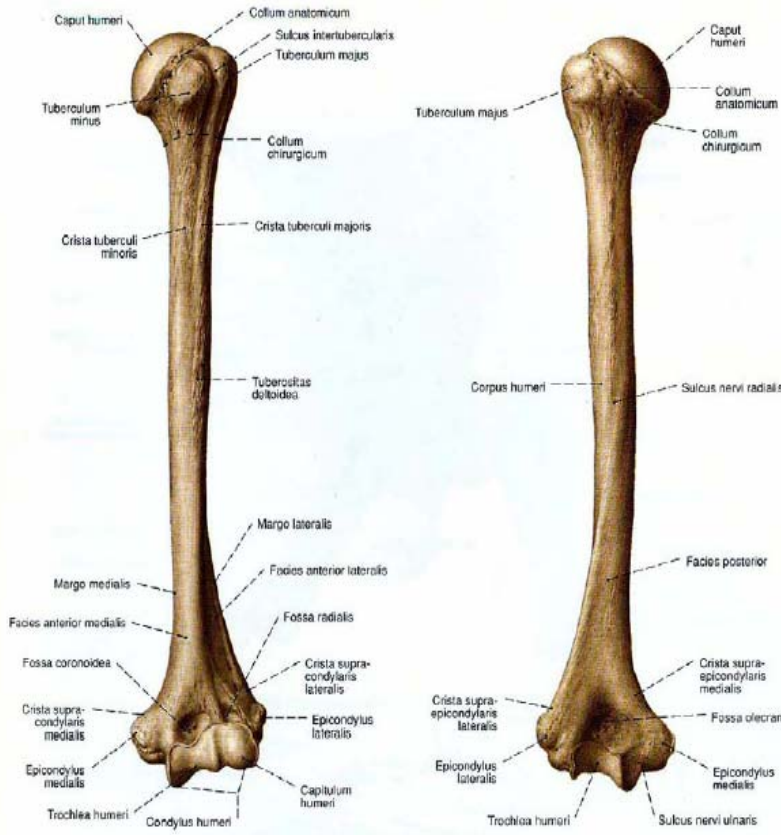
Şekil 2c

Bu çalışmada amaç, sentetik kemik materyalleri üzerinde humerus cisim orta distal üçte bir bileşkesinde oluşturulmuş, medial kelebek fragmanlı (AO sınıflamasına göre tip 12 B2) kırıklarda uygulanan köprü plaklama, antegrad ve retrograd yerleşimli intramedüller çivilerin mekanik güvenilirliklerini test etmek ve tespitini biyomekanik stabilitesini araştırmaktır.

4.GENEL BİLGİLER

4.1 Humerus kemik anatomisi

Bütün uzun kemiklerde olduğu gibi humerusun da bir üst ucu, bir alt ucu ve de cismi vardır. Üst ucu scapula ile, alt ucu ise radius ve ulna ile eklenir. Üst uçtaki yarım küre biçimindeki bölgeye caput humeri denir. Eklem yüzü kemikten hafif bir olukla ayrılmıştır. Bu oluğa collum anatomicum adı verilir. Collum anatomicumun altında, iki kabartı bulunur. Kabartılardan biri daha büyüktür ve dış kısımda bulunur. Buna tuberculum majus denir. Ön yüzde bulunan ve daha küçük olan ise tuberculum minus olarak bilinir. Her iki tuberculum aşağıya doğru birer crista ile uzanır (crista tuberculi majoris et minoris). İki crista arasında oluşan oluğa sulcus intertubercularis denir ve içinden musculus biceps brachii'nin caput longum tendonu geçer. Humerusun üst ucunun humerus cismi ile birleştiği bölgeye collum chirurgicum denir. Humerus cisminin yukarı kısmı yuvarlaktır. Burada kemiğin dış kısmında pürtüklü bir saha görülür. M.deltoideus'un yapıştığı bu sahaya tuberositas deltoidea denir. Bu pürtüklü sahanın altında, yukarıdan aşağıya ve arkadan öne doğru uzanan hafif bir oluk görülür. Sulcus nervi radialis denen bu oluktan nervus radialis geçer.



Şekil 3

Kemiğin alt ucu geniş ve yassıdır. Burada iç ve dış tarafta birer çıkıntı görülür. İç taraftakine epicondylus medialis, dış taraftakine ise epicondylus lateralis denir. İç kondil daha büyüktür ve arkasında n.ulnaris'in geçtiği bir oluk bulunur.

Alt ucun distal yüzünde iki adet eklem yüzü bulunur. Bunlardan caput radii ile eklem yapan yarım küre biçimli kısma, capitellum humeri ve incisura trochlearis ulnae ile eklem yapan makara şeklindeki kısma ise, trochlea humeri denir (8).

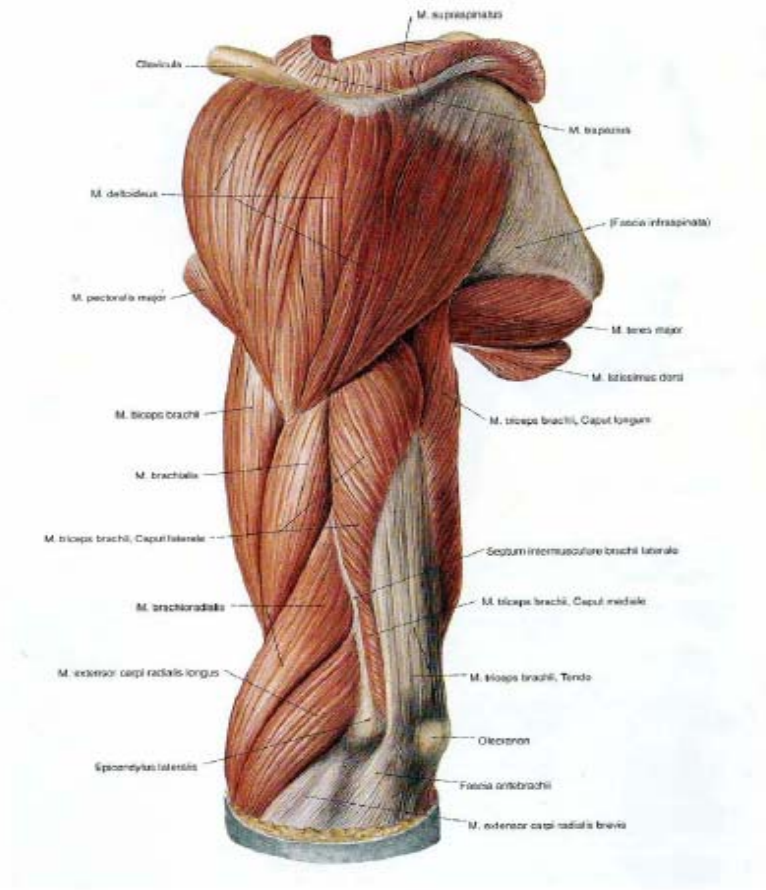
Alt ucun ön yüzünde iki çukur görülür. Çukurlardan dış taraftakine dirsek fleksiyona geldiğinde caput radii'nin girdiği fossa radialis, iç taraftakine dirsek fleksiyonunda processus coronoideus'un girdiği fossa coronoidea denir. Arka yüzde ise dirsek ekstansiyonunda olecranon'un girdiği fossa olecrani bulunur. Humerus diafizinin sınırları, proksimalde m.pectoralis major'un bitiş yeri, distalde suprakondiler kabartının hemen üzeridir (4, 9).

4.2 Kolun yumuşak doku anatomisi

Fascia brachii, yukarıda fascia pectoralis, fascia deltoidea ve fascia axillaris'in devamı biçiminde, fascia profunda'nın kolu örten kısmıdır. Humerusun alt ucunda, crista supracondylaris medialis ve crista supracondylaris lateralis'e, humerusun gövdesinde, margo medialis ve margo lateralis'e tutunur. Böylece epicondylus lateralis'ten m.deltoideus'un kirişleştiği yere uzanan septum intermusculare brachii laterale adını alan kalınlaşmış bir yapı oluşur. Epicondylus medialis'ten m.teres major'un kirişleştiği yere kadar uzanan bölmede, septum intermusculare brachii mediale adını alır.

Bu fascia uzantıları kolun ön bölgesinde fleksör kasların yerleştiği fleksör bölge, arka tarafta ise ekstensör kasların yerleştiği ekstensör bölgeyi oluşturur. Septum intermusculare brachii mediale n.ulnaris ve a.collateralis ulnaris superior tarafından epicondylus medialis yakınında delinir. Septum intermusculare brachii mediale, fossa axillaris'deki damar ve sinirlerin sarılı olduğu vagina axillaris ile yakın komşuluk gösterir.

Öndeki flexör kompartmanda m.biceps brachii, m.brachialis, m.coracobrachialis, n.ulnaris, n.medianus, n.musculocutaneus, a.brachialis ve v.basilica bulunur. Fleksör bölgeyi örten fascia brachialis, v.basilica tarafından, kolun orta kısmında delinir. Fleksör kompartmandaki kaslar n.musculocutaneus tarafından inerve edilir.



Şekil 4

M.coracobrachialis kolun üst ve iç tarafında bulunan küçük bir kastır. Scapula'nın processus coracoideus'undan başlayıp crista tuberculi minoris'in altında humerusa yapışır. Kola fleksiyon ve adduksiyon hareketi yaptırır. N.musculocutaneus tarafından inerve edilir.

M.biceps brachii, kolun önünde pazu kabartısı yapan kastır. Caput longum ve caput breve olmak üzere iki başı vardır. Caput breve, m.coracobrachialis ile birlikte processus coracoideus'tan başlar. Caput longum tuberculum supraglenoidale'den başlayıp, omuz eklemi kapsülüne dayalı bir biçimde aşağıya ilerler. Kasın iki başının birbirine yaklaşması ve birleşmesinden sonra, m.biceps brachii, tuberositas radii'ye yapışır. Bir kısım aponeurotik lifler, ön kolun üst kısmında içe ve aşağıya uzanarak lacertus fibrosus adı altında fascia antebrachii'ye tutunurlar. Ön kola supinasyon ve fleksiyon, ön kol sabitse kola fleksiyon yaptırır. N.musculocutaneus tarafından inerve olur.

M.brachialis, m.biceps brachii'nin derininde yer alarak humerusun ön yüzünün alt yarısından başlar. Bu kas articulatio cubiti'nin önünden geçerek tuberositas unlaya yapışır. Ön kola fleksiyon yaptırır. N.musculocutaneus tarafından inerve edilir.

A.brachialis, m.teres major'un alt kenarında a.axillaris'in devamı olarak başlar. Kolun arteriyel beslenmesini sağlayan temel arterdir. Collum radii'nin önünde a.radialis ve a.ulnaris'e ayrılarak sonlanır.

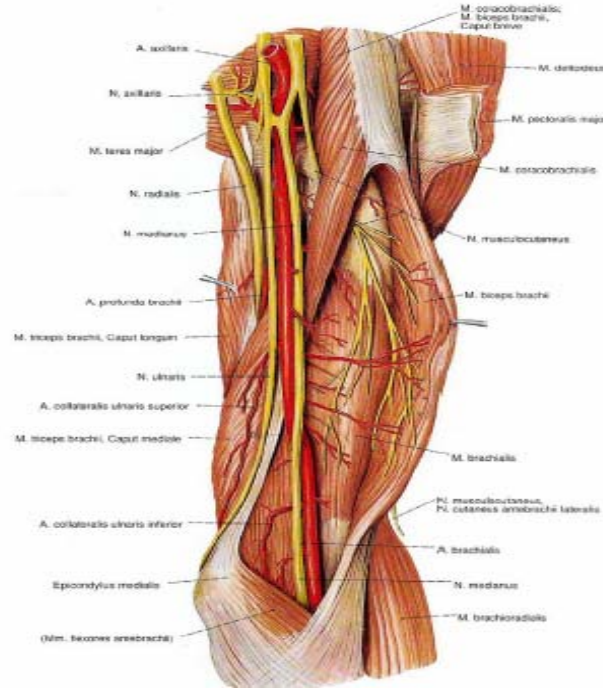
N.musculocutaneus plexus brachialis'in fasciculus lateralis'inden başlar. Bu sinir aşağı dış yana giderek, m.coracobrachialis'i deler ve m.biceps brachii ve m.brachialis arasında

olarak aşağı inmeye devam eder. Dirseğe ulaşmadan, m.biceps brachii'nin kirişinin dış kenarında derin fasyayı delerek yüzeyselleşir. Ön kolun dış yanında n.cutaneus antebrachii lateralis olarak devam eder.

N.medianus, axillada pleksus brachialis'in fasciculus medialis ve lateralis'inden başlar. A.brachialis'in dış yanında aşağı iner ve kolun ortasında a.brachialis'i çaprazlayarak iç yanına geçer. N.medianus bu seviyede a.brachialis'e, vazomotor dal dışında kolda başka dal vermez.

N.ulnaris pleksus brachialis'in fasciculus medialis'inden başlar. N.ulnaris, septum intermusculare mediale'yi deldikten sonra arkasında m.triceps brachii'nin caput mediale'si olduğu halde septumun arkasında aşağı iner ve sinire a.v.collateralis ulnaris superior eşlik eder. Sinir dirsekte epicondylus medialis'in arkasında, lig. collaterale ulnare'nin üzerinde bulunur. Aşağıya inen sinir m.fleksör carpi ulnaris'in iki başı arasında ilerleyip ön kola girer.

Kolun arkasındaki ekstansör bölgede m.triceps brachii, n.radialis ve a.profunda brachii yer alır.



Şekil 5

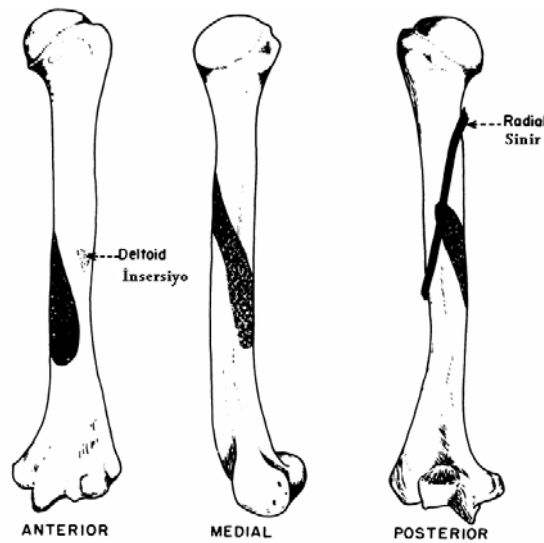
M.triceps brachii kolun arka tarafında yerleşim gösteren caput longum, caput laterale ve caput mediale olmak üzere üç başı vardır. Caput longum scapula'nın tuberculum infraglenoidale'si , margo lateralis ve omuz eklemi kapsülüne yapışarak başlar. Humerusun arka yüzünün iç yan tarafında aşağıya doğru ilerleyerek, olecranon'da tendo musculi triceps brachii adını alan ortak bir kirişle sonlanır. Caput laterale sulcus nervi radialis ile margo

lateralis arasında başlar. Aşağı ve içe doğru bir seyirle humerusda uzanan lifler, olecranon'daki ortak kirişle sonlanır. Caput mediale ise corpus humeri'nin arka yüzünden başlar. Caput laterale ve caput longum'un altında daha derinlere yerleşim gösterir. Caput mediale'nin, m.triceps brachii'nin diğer iki başı ile birlikte ortak bir kirişle yapışan liflerinin yanında, doğrudan olecranon'a tutunan lifleri de vardır. Ön kolun en güçlü ekstansörüdür. N.radialis tarafından inerve edilir.

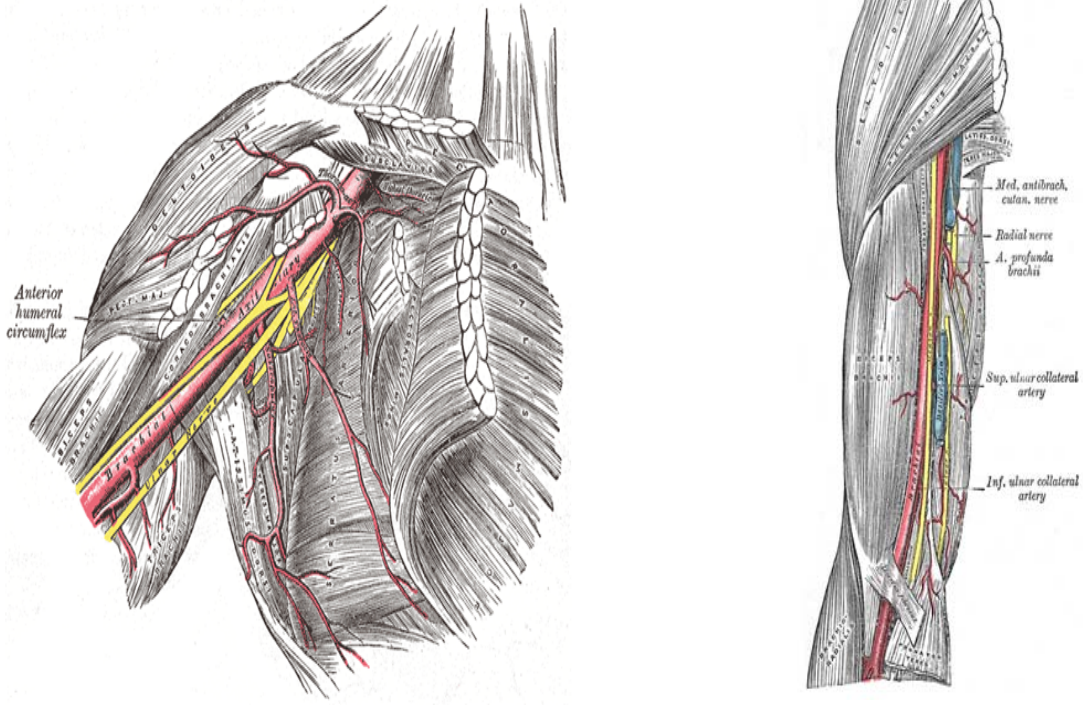
N.radialis, plexus brachialis'in fasciculus posteriorundan başlar. Sinir kolun arkasına kıvrılırken, önce m.triceps brachii'nin caput longum ve mediale'si arasında, daha sonra sulcus nervi radialis'te caput mediale ve laterale arasındadır. Dirseğin üstünde septum intermusculare laterale'yi delen sinir, m.brachioradialis ve m.brachialis arasında ilerleyerek dirseğin önüne gelir ve fossa cubiti'ye girer. Sinir sulcus nervi radialis'te a.v. profunda brachii ile birlikte ve humerus cismi ile doğrudan temastadır (10).

4.3 Humerusun kanlanması

Humerus proksimal üçte biri, a.axillaris'in anterior ve posterior circumflex arterleri tarafından beslenir. Humerus başında ince bir anastomoz ağı oluşturdukları gibi diafize doğru longitudinal anastomoz da yaparlar. Humerus orta üçte biri, a.brachialis ve a.brachii profunda'dan köken alan rami musculoperiostales tarafından beslenir. Bu periosteal damarlar longitudinal ve vertikal uzanım gösterirler (11). Caroll çalışmasında humerus cisminin ikinci üçte birlik kısmının tek bir nutrisyonel artere sahip olduğunu bildirmiştir (12). Jupiter orta ve distal bileşkedeki kırıkların iyileşmesinde, nutrient damarlarda hasarlanmaya bağlı olarak sorunlar olabileceğini bildirmiştir (4).



Şekil 6

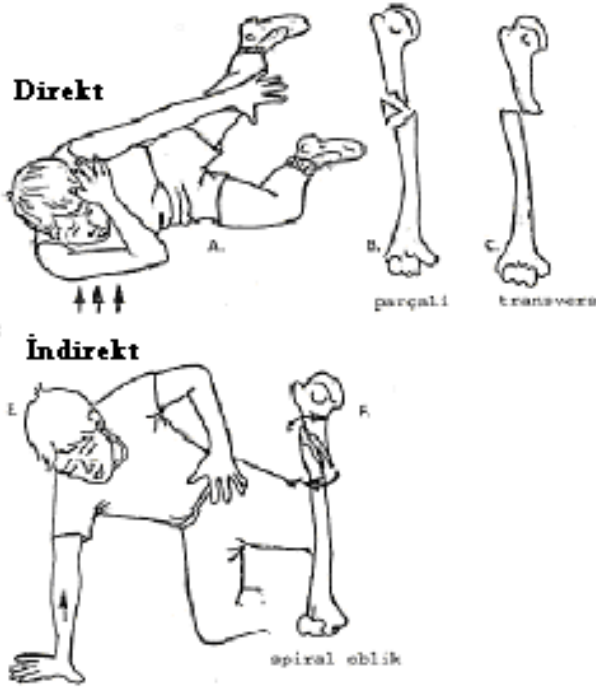


Şekil 7

4.4 Yaralanma mekanizması

Humerus kırıkları direkt, dolaylı ya da kas güçleri aracılığı ile ortaya çıkabilir. Bunlardan en sık görülenleri açık el üzerine düşme, kola direkt travma ve motorlu taşıt kazalarıdır. Kas kasılması ile top fırlatıcılarında kırık oluşabilir. Ateşli silah yaralanmaları humerusta patlama etkisi ile parçalı kırık oluşturan farklı bir mekanizmadır.

Direkt kırıklar doğrudan çarpma ya da ezilme şeklinde ortaya çıkar. Bu tip kırıklarda üç nokta bükülme momenti oluşur ve sıklıkla transvers kırıklar oluşur. Dolaylı kırıklar ekstremitenin distal bölgesinden etki eden kuvvetin humerus tarafından emilmesi ile oluşur (bilek güreşi). Bu döndürücü moment spiral kırık modeli oluşturur. Bu tip kırık modeli kas kasılması ile oluşan kırıklarda da görülebilir (9, 13).



Şekil 8

Humerusta kırık oluşturan kuvvetler tensil kuvvetlerdir. Deneysel olarak aksiyel oluşturulan kompresif yükler, humerusun proksimal ve distal ucundaki kansellöz kemiklerde sadece kompresyon kırığı oluşturabilir (13).

4.5 Sınıflandırma










Kırığın anatomik bölgesi, yaralanmanın mekanizması, kemik kalitesi, hastanın yaşı ve kırık hatlarının bileşimi gibi özellikler, humerus kırıklarını sınıflamak için kullanılabilir. Humerus kırıkları için evrensel kabul görmüş tek bir sistem yoktur. Kırığın bölgesine göre; proksimal, orta, distal üçte birlik kırıklar, kırık hattının bileşimine göre; oblik, transvers, spiral, segmenter kırıklar, ekleme uzanıp uzanmamasına göre; intraartiküler, ekstraartiküler kırıklar, yumuşak doku durumuna göre; kapalı, açık kırıklar şeklide sınıflandırılabilir. Humerus kırıklarını tanımlamada AO/ASIF sisteminin uzun kemik kırıklarını sınıflama sistemi kullanışlıdır. Bu sistem kırık morfolojisine dayalı bir sistemdir. Detaylı tedavi protokollerini içeren ya da cerrahi, cerrahi dışı tedavi önerilerini barındıran bir sınıflama sistemi mevcut değildir (9).

AO/ASIF sınıflama sistemi

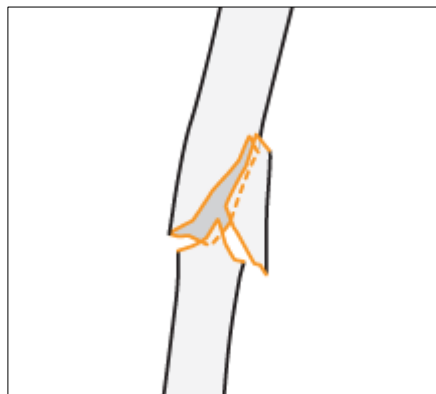
Tip A-basit kırıklar

Tip B-kelebek fragmanlı kırıklar

Tip C-çok parçalı kırıklar

Type	Group		
	1	2	3
A Simple	 Spiral	 Oblique	 Transverse
B Wedge	 Spiral	 Bending	 Multifragmentary
C Complex	 Spiral	 Segmental	 Irregular

Tablo 1



Şekil 9

4.6 Radyolojik değerlendirme

Standart anteroposterior ve lateral grafileri içerir. Grafiler çekilirken dirsek ve omuz eklemlerin grafide görülmesi, ilişkili olabilecek çıkıkların ve eklem içi kırıkların atlanmaması için önemlidir.

4.7 Tedavi

Humerus cisim kırıklarının birçoğu konservatif olarak başarılı bir şekilde tedavi edilebilir. Belli durumlarda açık tedavi seçilebilir. Açık cerrahide plak, intramedüller çivi ve eksternal fiksator gibi alternatifler vardır. Plak osteosentezi ile intramedüller çivi kullanımında tartışma bulunmaktadır. Plak osteosentezinin, stabil fiksasyon, radial sinirin direkt olarak görülüp korunması ve komşu omuz ve dirsek eklemlerine zarar vermemesi gibi avantajları vardır. İntramedüller çivilerin, kapalı uygulama tekniği, periosteal kan akımını koruması ve biyomekanik olarak yük paylaşımı yaratması gibi avantajları vardır (6).

Kırıkların internal fiksasyonu son yıllarda mekanik özelliklerden biyolojik özelliklerin önemine doğru ilerlemektedir. Daha esnek tespitler daha az katılıkla callus formasyonu oluşumunu teşvik etmiştir. Dolaylı redüksiyon operasyon travmasını azaltmıştır. Bu yaklaşım biyolojik internal fiksasyon olarak tanımlanır. Bu minimal kemik implant kontağı, kilitli internal fiksatorler kullanılarak, plakla köprüleme ve birkaç vida ile sağlanır. Eskiden, plakla internal fiksasyon mutlak stabiliteyi amaçlardı ki, bu mikro hareketlere izin vermeyerek implant kaybına ve iyileşme gecikmesine yol açabilirdi. Bununla birlikte internal fiksasyondaki yeni teknikte, kırık yüzlerinde bir miktar hareket tolere edilir; hatta bu gereklidir. İmplant ve kemik arasındaki ilişki, kilitli vidaların fonksiyonu ile stabil tutulur. Biyolojik internal fiksasyonun amacı, özellikle orta kırık fragmanlarının, mutlak redüksiyonunun hedeflenmediği, böylece dolaylı redüksiyonun sağladığı minimal doku hasarı avantajından faydalanmaktır. Bu prensip kilitli intramedüller çiviler, köprü plaklama ya da internal fiksator benzeri araçlarla sağlanabilir. İndirekt redüksiyonla sadece kırık uçlarının doğru dizilimi sağlanır (14).

Konservatif tedavide, hangi araç kullanılsa da omuz ekleminde adhezive kapsülite, dirsek sertliğine ve de omuz ekleminin geçici inferior çıkığına neden olabilir. Cerrahi tedavide kaynamama, osteomyelit, radial sinir yaralanması gibi komplikasyonlarla karşılaşılabilir (7, 15).

4.7.1 Konservatif tedavi

Konservatif tedavide kullanılacak araçlar coaptasyon splinti (U ateli), hanging arm cast (askılı alçı), fonksiyonel breys ve velpeau bandajıdır. Bu tedavi yöntemleriyle oldukça iyi sonuçlar bildirilmiştir.

U ateli, humerus cisiminin akut kırıklarında, kısalık minimal ise kullanılabilir. Aksiller bölgede iritasyon, omuz hareket kısıtlılığı ve dirsek ekleminde hareket kısıtlılığı dezavantajlarıdır.

Askılı alçı, ilk olarak Caldwell tarafından tanımlanmıştır. Alçının ağırlığı yer çekimi etkisi ile traksiyon uygulayarak, kırığı uygun pozisyona getirir. Bunun etkili olabilmesi için, hastanın dik ya da yarı oturur pozisyonda olması gerekir (16).

Humerus kırıklarında ortezler, kapalı tedavinin önerilen yöntemidir. Traksiyona ve yumuşak dokulara baskı ile redüksiyonu sağlar. Hemen kırık sonrası uygulanabileceği gibi, askılı alçı veya u atelinden bir iki hafta sonra da uygulanabilir (9).

Velpeau bandajı omuz kavşağının immobilizasyonunu sağlar. Özellikle akut omuz çıkıklarında uygulanabilir (17).

4.7.2 Cerrahi tedavi

Humerus cisim kırıklarında, daha iyi teknik ve implantlarla elde edilen daha iyi redüksiyon ve fiksasyonla açık redüksiyona, giderek artan bir ilgi vardır. Bundan başka hastaların stabil bir kolla, erken mobilizasyon beklentisi de artmaktadır (18).

Humerus kırıklarında cerrahi gereklilikler şunlardır;

- 1- Kapalı redüksiyon sonrası kabul edilebilir dizilimin elde edilememesi ya da kaybedilmesi
- 2- Eklemle ilişkili cisim kırığı
- 3- Damar ya da sinir yaralanması ile birlikte kırık
- 4- Aynı taraflı komşu kırıklar; yüzen dirsek ya da omuz
- 5- Segmenter kırıklar
- 6- Patolojik kırıklar
- 7- Açık kırıklar
- 8- Kaynamamış kırıklar
- 9- Politravma
- 10- Bilateral humerus cisim kırığı
- 11- Kapalı tedaviyi engelleyen termal yaralanma olması (6).

Kapalı redüksiyon sonrası, uygun pozisyonun elde edilememesi ya da kaybedilmesi, yumuşak doku interpozisyonu, vücut yapısı ve ciddi deformitesi bulunan ileri derece instabil

kırık sonucu oluşur. Humerus cisminin üç mm kadar kısalığı, anteroposterior planda 20° açılanmayı ve mediolateral planda 30° açılanmayı tolere edebilir. Rotasyonel deformite genellikle iyi tolere edilir.

Kırık fragmanlarının deplasmanla beraber ekleme uzanması internal fiksasyon gerektirir. Proksimal ekleme uzanım, antegrad intramedüller çivi kullanımını imkansız kılar; bu yüzden geniş açılımla plak fiksasyonu tercih edilir. Retrograd intramedüller çivi kullanılabilir; ancak proksimal fragmanda yeterli kontrolü sağlayamayacağı ve muhtemel dirsek fonksiyonlarında bozulma yaratacağı için çok ideal değildir. Distal ekleme uzanan kırıklarda retrograd çivileme, kontrendikedir; antegrad çivileme, özellikle kırık hattı suprakondiler çizgiye uzanıyorsa zayıf kontrol sağlar. Her şekilde intramedüller çiviler eklem ilişkisinin karşı tarafından uygulanmalıdır; omuz ve dirsek eklemi bir şekilde hasarlanacaktır. Bu yüzden açık redüksiyon ve internal fiksasyonun plak vida ile yapılması önerilmektedir.

Brachial arter-ven veya radial sinir ile birliktelik gösteren humerus cisim kırıklarında açık redüksiyon ve internal fiksasyon uygulanmalıdır. Bu durumda damar eksplorasyonu ile birlikte, sıklıkla da aynı açılmadan, humerus plak ile fikse edilmelidir.

Radial sinir felci ile birliktelik gösteren humerus cisim kırıklarında yaklaşım tartışmalıdır. Rastlanma sıklığı %2 ile %17 arasındadır. Kapalı kırıklarda redüksiyon öncesi radial felç varsa cerrahi dışı takip edilebilir. Kendiliğinden iyileşme bunlarda %73 olarak bildirilmiştir. Radial sinirin açık kırıkla birlikte olması, redüksiyon öncesi intakt olması, damar yaralanmasıyla birlikte olması durumunda eksplorasyon gerektirir (19).

Aynı taraflı üst ekstremitte kırığı ile birlikte humerus kırığı varlığı stabil internal fiksasyon gerektirir. Bu komşu eklemlerde erken mobilizasyona izin vererek, aynı taraflı ekstremitede malunion ve nonunion gelişme olasılığını azaltır.

Segmenter kırıklar cerrahi dışı tedavi edilebilmesine rağmen, bu durumda malunion ve nonunion sıklığı az değildir.

Humerusta patolojik kırık gelişmesi intramedüller çivilemenin en iyi endikasyonudur. Lezyon ortaya konmaz; bu nedenle kan kaybı ve potansiyel morbitide azaltılır.

Açık kırıklarda en uygun yaklaşım, plak vida ile açık redüksiyon internal fiksasyondur. Genişçe açılmış yara, yeterli debridmana, radial sinirin görülmesi ve korunmasına ve rijit fiksasyona izin verir.

Humerus kırıklarında kaynamama sıklığı %13 olarak rapor edilmiştir. Transvers kırıklar, yumuşak doku interpozisyonu, ağırlıkla distraksiyon ve cerrahi tedavide zayıf redüksiyon gibi sebeplerle oluşabilir.

Politravmalı hastalarda koltuk değneği ile erken mobilizasyon gerekli ise yük taşımayı tolere edecek rijit internal fiksasyon cihazları, yeterli rehabilitasyon için yararlı olacaktır. Kortikal teması bulunan transvers kırıklarda intramedüller fiksasyon uygun seçenek olabilir; çünkü bu durumda çivi yük paylaşımını bir implant olarak davranır.

Yanıkla birliktelik gösteren kırıklar kapalı tedaviyi imkansız kılar. Bu durumda yumuşak doku defekti, internal ya da eksternal fiksasyonun ideal şeklini doğrudan etkiler. Bütün fiksasyon araçlarının tedavi uygulamasındaki benzerlik, yumuşak doku örtüsünü koruyarak kırığa yeterli stabilizasyonu sağlamaktır (6).

Humerus cisminde transvers ya da kısa oblik kırıklarda plak tespitinde, 4.5 mm'lik altı – sekiz delikli kompresyon plakları kullanılabilir. 3.5 mm'lik plaklar daha çok distal kırıklarda kullanılabilir. Kırık şekline göre uygulanacak plak, kırığın üst ve alt bölgelerine sekiz kortikal tespit önerilir.

4.7.2.1 Cerrahi yaklaşımlar

Humerus cisimine ulaşmak için tanımlanmış anterior, anterolateral ve posterior olarak üç farklı yaklaşım vardır. Humerusa tüm yaklaşımlar potansiyel olarak risk taşır. Çünkü bu bölgedeki ana damar ve sinirler kemiğe vücudun herhangi bir başka yerinde olduğundan çok daha yakın seyrederek. Bu yaklaşımlarda en fazla risk altındaki yapı radial sinirdir.

Anterior yaklaşım humerus cisminin ön yüzünü ortaya koyar. Genelde herhangi bir girişim için bu yaklaşım bir kısmı kullanılır. Bu yaklaşım proksimalde deltoid kas (aksiler sinir) ile pektoralis major kası (lateral ve medial pektoral sinirler) arasında uzanır. Distalde medialde brachialis kasının medial lifleri (muskulokütan sinir) ve lateralde brakialis kasının lateral lifleri (radial sinir) arasında uzanır. Distalde biceps brachi ile brachialis arasındaki interval ortaya konur. Biceps mediale ekarte edilerek insizyon derinleştirilir ve altta humerus cismini örten brachialisin anterior tarafı bulunur. Bu lifler uzunlamasına ortadan ayrılarak humerusun anterior periostuna ulaşılır.

Anterolateral yaklaşım humerus alt dörte birini ortaya koyar. Yüzeyel keside bicepsin lateral kenarı ortaya konur ve mediale ekarte edilir. Brachialis ve brachioradialis açığa çıkarılır. Kaslar arasında, intermusküler planda radial sinir bulunarak nazikçe explore edilir. Brachioradialis laterale, brachialis ve biceps mediale ekarte edilir. Radial sinire dikkat edilerek brachialis kasının lateral kenarı uzunlamasına kesilir ve humerus distal cisminin ön yüzü açığa çıkarılır.

Posterior yaklaşımda humerus cisminin dörte üçü ortaya çıkarılabilir. Yaklaşımda anahtar nokta triceps kasıdır. Proksimalde lateral baş laterale, uzun baş mediale ekarte edilerek diseksiyon derinleştirilir. Tricepsin medial başı diğer iki başının altındadır. Radial

sinir spiral olukta seyreder. Kolun proksimal üçte ikisinde radial sinir mutlaka ortaya çıkarılmalıdır. Medial baş orta hatta kesilerek humerus cismine ulaşılır (20, 21).

4.7.2.2 Minimal girişimle plak tespiti (MİPO)

İlk dönemlerde tüm kırıkların tespitinde bir gereklilik olarak düşünülen tam katılık, günümüzde eklem ile ilgili bazı kırıkların tedavisinde dolaşım ve yumuşak doku hasarına neden olmadan elde edildiğinde, esas olarak kabul edilmektedir. Cisim kırıklarında uzunluk, dizilim ve rotasyonun sağlanması önemlidir. Tespit gerektiğinde kallus ile iyileşmeye neden olan çivileme tercih edilir. Klinik şartların plak kullanımını gerekli kıldığı durumlarda, kırık parçalarının ve yumuşak dokuların kan dolaşımına en az hasar verecek şekilde, uygulama ve sınırlı cerrahi hasara yol açan yöntemler geliştirilmiştir.

Kilitli intramedüller çivileme kapalı uygulanan bir tekniktir. Direkt redüksiyon yapılmaz ve parçalanmış bölgenin kanlanması bozulmaz. Çivileme göstermiştir ki parçalanmış bölgedeki parçaların yer değiştirmesi önemli değildir, kanlanması bozulmadığı sürece oluşacak kallusa hızlı bir şekilde dahil olurlar.

Çivileme etkilerini plakla oluşturma isteği, köprüleme plağı ile dolaylı redüksiyon tekniklerinin gelişmesini sağlamıştır. Köprü plaklamada, plak yaralanma bölgesini geçer ve her iki kemik ucuna tutturulur. Aradaki parçaları tutturmak için çaba gösterilmez. Plak atel gibi işler ve kallus formasyonu oluşturarak göreceli tespit sağlar.

Plağa baştan kilitlenen vidalar kullanılarak, kemiğe basınç oluşturması engellenir. Plak küçük bir kesiden, yumuşak doku örtüsü altından kırık bölgesi boyunca kaydırılır. Eksternal tespit yöntemlerine benzer bir yol olduğu için, bu şekilde uygulanan plaklara internal fiksator terimi uygun görülmüştür.

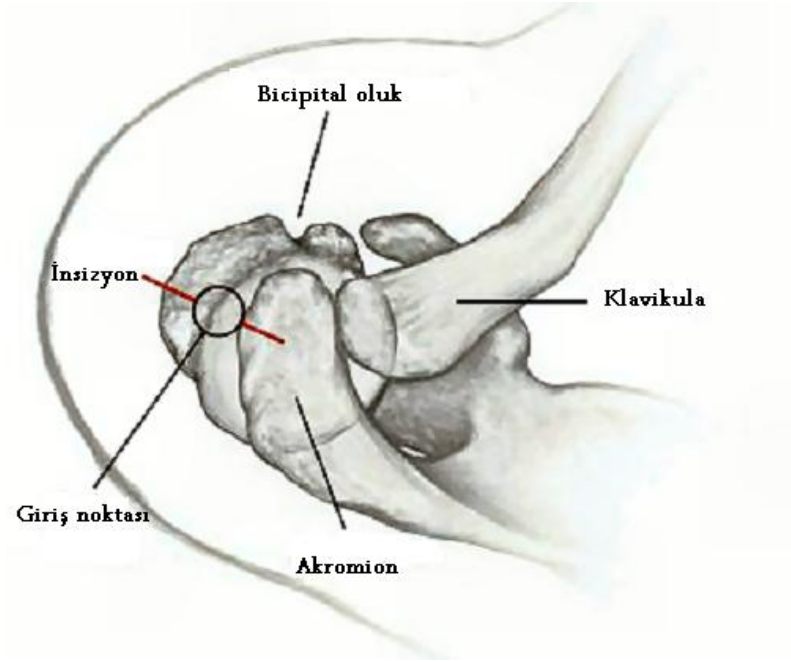
Minimal cerrahi açılım, kapalı cerrahi teknik ve dolaylı redüksiyon gibi çivilemenin birçok avantajını taklit edebilir. PC- fix ve LISS plak sistemleri, minimal girişimli plak osteosentezini geliştirmek için tasarlanmış yeni gelişen kemik stabilizasyon yöntemleridir

4.7.2.3 İntramedüller çivileme

Kilitli intramedüller çivilerin kullanımı stabil olmayan kırıklarda uygun kemik dizilimini sağlar, kısalık oluşumunu ve rotasyonel kusurları engeller. Çiviler, humerus cerrahi boynundan, olekranon fossanın 5 cm proksimaline kadar olan kırıklarda kullanılabilir. Rimerize ya da rimerizasyon yapılmadan, antegrad ya da retrograd yolla uygulanabilirler.

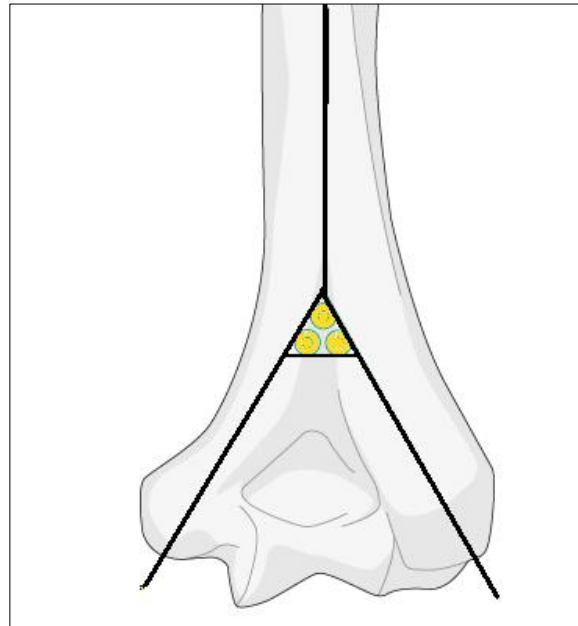
Antegrad uygulamada akromionun anterolateral kenarından distale doğru yaklaşık 2 cm'lik düz bir kesi yapılır. Deltoid kasının lifleri ayrılarak humerus başı eklem yüzeyinin laterali ile tuberculum majusun medialinden kemiğe girilir. Bu nokta humerus medüller

kanalını lateral kısmından hizalar. Giriş noktasında supraspinatus tendonuna zarar vermemeye özen gösterilmelidir.



Şekil 10

Retrograd uygulamada kolun posteriorunda, olecranon tepe noktasından proksimale doğru humerus cismi doğrultusunda uzanan 8 cm'lik uzunlamasına kesi yapılır. Triceps kası lifleri ayrılır. Suprakondiler humerusta tepe noktası proksimalde olacak şekilde, medial ve lateral kolonlardan çizilen üçgenin üzerinde genişliği 1 cm, uzunluğu 2 cm'lik giriş yeri açılır.



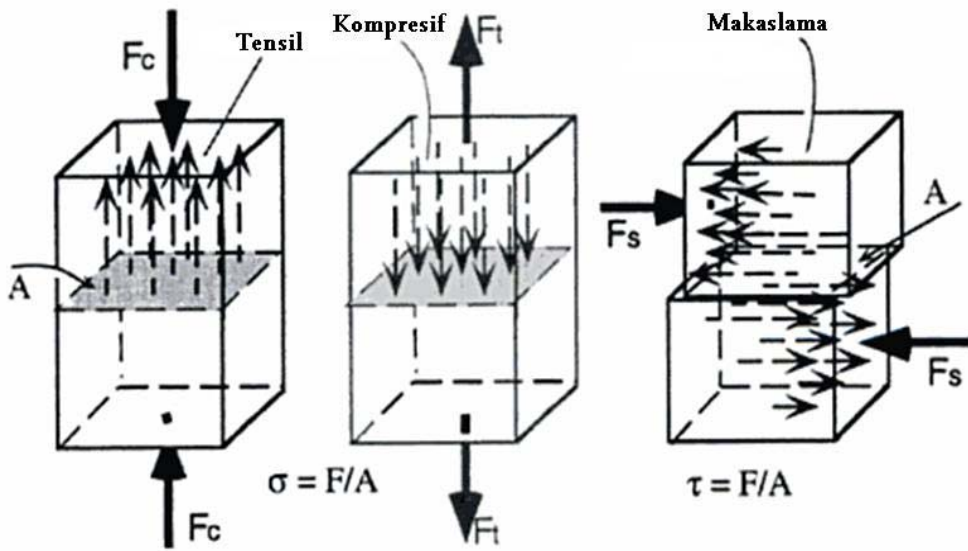
Şekil 11

4.8 Biyomekanik testlerde genel kavramlar

4.8.1 Gerim (stres)

Bedenin üzerine etki eden kuvvete karşı gösterdiği içsel dirençtir. Kemikte gerim moleküller arası ve kollajen lifler arasındaki bağlantılardan ortaya çıkar. Gerim birim alana etki eden kuvvettir. Kuvvet / Alan şeklinde hesaplanır. Birimi N/m^2 (Pascal [Pa]) dir.

Normal gerimler kompresif ve tensil olarak etki ettikleri yüzeye dik olarak etki ederler. Makaslama gerimi etki ettiği yüzeye paraleldir.



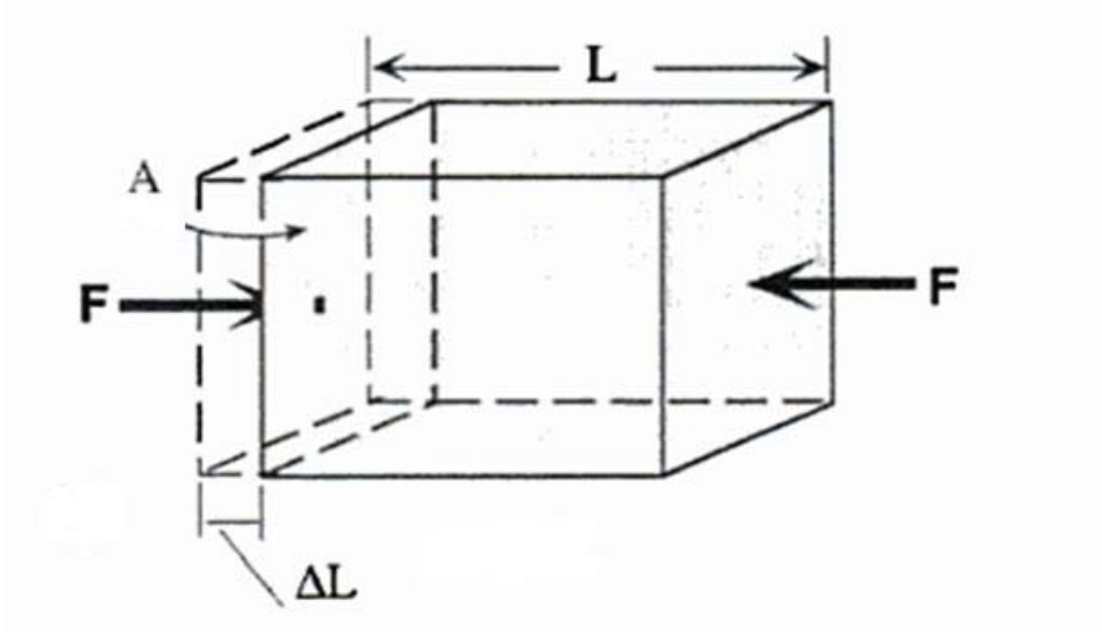
Şekil 12

4.8.2 Gerinim (strain)

Yüklenmeye bağlı cisimde meydana gelen boyut değişimidir. Boyuttaki değişim deformasyon olarak tanımlanır (ΔL). Birim uzunluktaki (L) deformasyon gerinimidir (\square).

$$\square = \Delta L / L$$

Gerinim bir orantı olduğundan birimi yoktur. Yüzde şeklinde ifade edilebilir.



Şekil 13

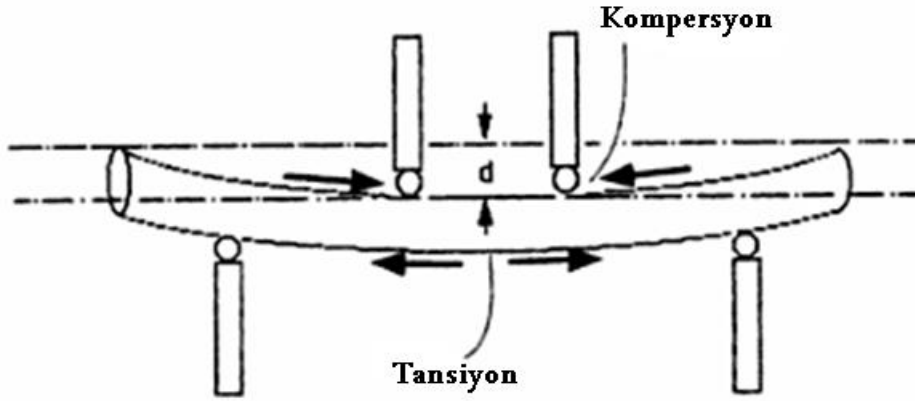
4.8.3 Yüklenme biçimleri

4.8.3.1 Kompresif ve tensil yüklenme

Bu tip yüklenmelerde, kuvvet cismin yüzeyine dik olarak uygulanır. Kompresif ve tensil yüklenmeler, birçok küçük yüklenme ile yapının yüzeyine doğru ya da yüzeyinden uzaklaşacak doğrultuda, uygulanan yükün planına dik maksimum gerim oluşturabilirler. Kompresif yüklenmeler canlı kemikte kısalma ve genişleme yaratır. Klinik olarak tensil yüklenmeler kansellöz kemikte avulsiyon kırığı oluşturabilir.

4.8.3.2 Bükülme (bending)

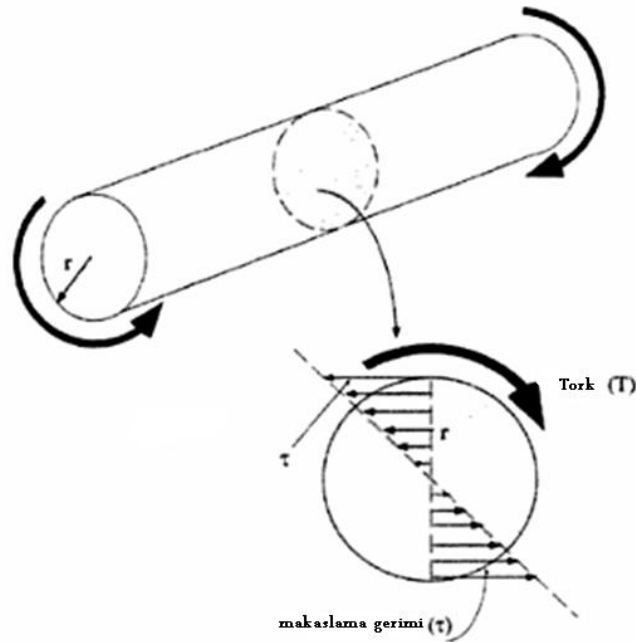
Kemikler düz silindir şekilli değildir, kendilerine özel eğriliklerine bağlı olarak aksiyel ve bükülme kuvvetlerinin etkisinde kalırlar. Bükülme konveks tarafta uzama oluşturacak tensil kuvvetler meydana getirirken, konkav tarafta kompresif kuvvet oluşturarak kısalma yaratır. Sıklıkla bükülme kuvvetleri aksiyel ve transvers kuvvetlerin birleşimidir.



Şekil 14

4.8.3.3 Burulma (torsiyon)

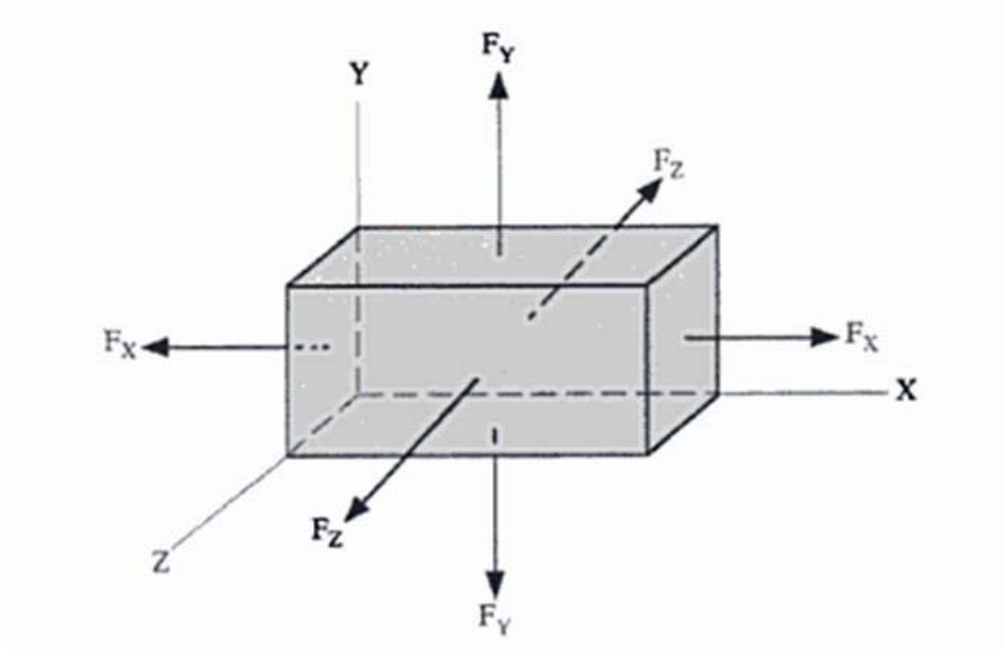
Burulma testlerinde silindirik şeklindeki uzun kemik rotasyonel yüklenme altında döndürülerek makaslama gerimi oluşturulur. $\tau = T \cdot r / J$ formülü ile hesaplanır. T uygulanan yükün momenti yada torkunu, makaslama geriminin etki ettiği kesitin nötral aksa radial mesafeyi, J ise kutup açısıl momentidir.



Şekil 15

4.8.3.4 Çok yönlü yüklenme

Temelde, çok yönlü yüklenmede tek yönlü yüklenmelerdeki benzer kavramlar kullanılır ancak burada yükler iki veya üç boyutlu uzaya taşınır. Çok yönlü yüklenmeler materyal yüklenme özellikleri açısından daha gerçekçi bilgi verir. İn vivo kemiğin yüklenme özelliklerini belirlemek, düzensiz geometrik şekli ve birçok belirlenemeyen yüke maruz kalması nedeniyle zordur. Yürüme analizi sırasında toplanan veriler çok yönlü yüklenmelerin karmaşık yapısı hakkında bilgi sağlamıştır (22, 23).



Şekil 16

5.GEREC VE YÖNTEMLER

5.1 Araştırmanın tipi, yapıldığı yer ve tarih

Bu çalışma biyomekanik deneysel bir araştırmadır. Çalışma Şubat 2009 ile Nisan 2009 tarihleri arasında Dokuz Eylül Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı ile Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyomekanik Anabilim Dalı araştırma laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

5.2 Örneklerin hazırlığı

Çalışmamızda 21 adet white cortical shell (model no:1006) sol humerus kullanıldı.(Sawbones®, Malmö, Sweden)

Humeruslara AO 12B1 kırık şekline benzer biçimde, medial epikondilin 13 cm proksimalinden, tepe noktası lateralde, tabanı medialde olacak şekilde, kelebek fragmanlar kesici ile çıkarıldı ve uzaklaştırıldı. Kelebek fragmanın taban genişliği 40 mm olarak belirlendi. Kırık bölgesinde kemik kontakt bulunmuyordu.



Resim 1

5.3 Gruplar

Çalışmamızda kırık modeli oluşturulmuş humeruslara antegrad intramedüller çivileme, retrograd intramedüller çivileme ve köprü plaklama uygulandı. Her grupta yedi denek bulunuyordu.

Çalışmada kullanılan çiviler expert humeral nail sistem (synthes) üreticinin ön gördüğü uygulama şekline uygun biçimde, kelebek fragmanı çıkarılmış kemiklere uygulandı. Antegrad ve retrograd uygulamada 9x280 mm'lik çivi iki proksimal, iki distal olacak şekilde kilitleme vidaları ile kilitlendi.



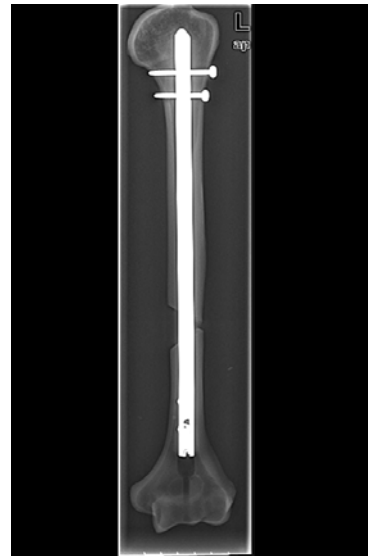
Resim 2a



Resim 2b



Resim 3a

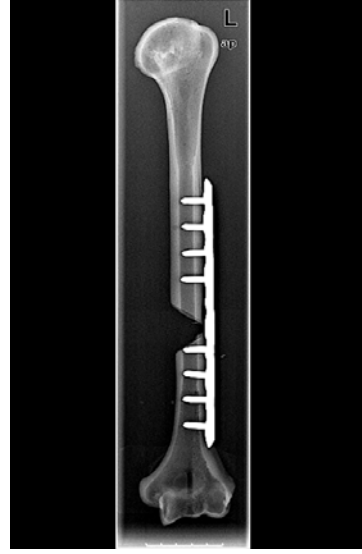


Resim 3b

Üçüncü grupta ise kelebek fragmanı çıkarılmış kemiklere, 10 delikli 4.5 mm'lik dar humerus LC-DCP plâk (synthes), uzaklaştırılmış kelebek fragman bölgesini köprüleyecek biçimde, humerusun anterolateralinden sekiz adet plâğa kilitlenen ve karşı kortekse uzanmayan 20 mm'lik vida ile tesbit edildi.



Şekil 4a



Resim 4b

5.4 Yüklenme testleri

Deneyde basma aleti olarak SHIMADZU Autograph AG-5kNG universal test cihazı (Shimadzu corp.,Tokyo, Japan) kullanıldı.



Resim 5



Resim 6

5.4.1 Burulma testleri

Burulma testlerinde basma aletine adapte edilmek üzere taban plakası 1000x600x12 mm olan, boyu ayarlanabilen, rotasyon sırasında sürtünmeyi azaltmak amacı ile iki adet 180x15 mm'lik rulman kullandığımız bir aparat yapıldı. Rulmanlardan oluşan kısım makara sistemi ile basma aletine bağlandı, karşı tarafı ise sabitti. Bu sistemin amacı deneği, üzerinde oluşabilecek bükülme etkisinden kurtarmaktı. Kemiği sabitlemek için 100x80 mm'lik çevresine dört adet 8x1.5 mm'lik paso yerleştirilmiş delik kullanıldı.

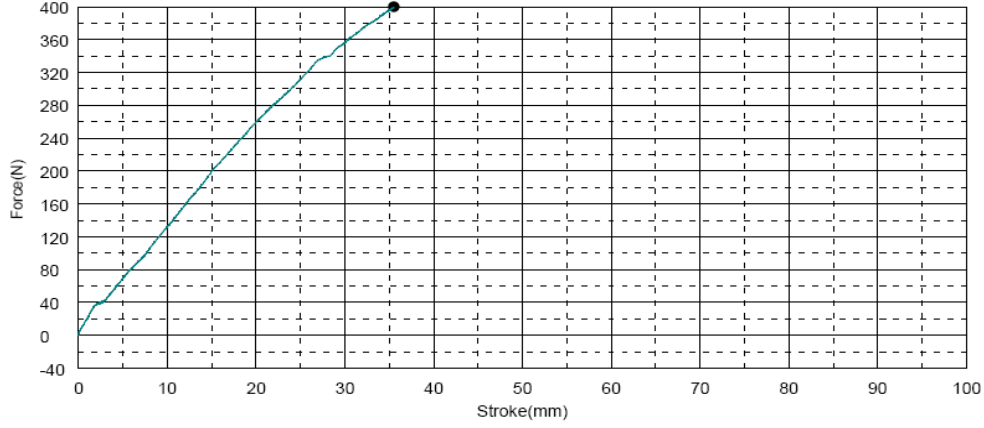


Resim 7

Shape: Plate

Units	Thickness	Width	Gauge Length
1 - 1	mm	mm	mm
1 - 1	1.0000	1.0000	100.0000

Name	Max Force	Max Disp
Units	N	mm
1 - 1	400.000	35.4930

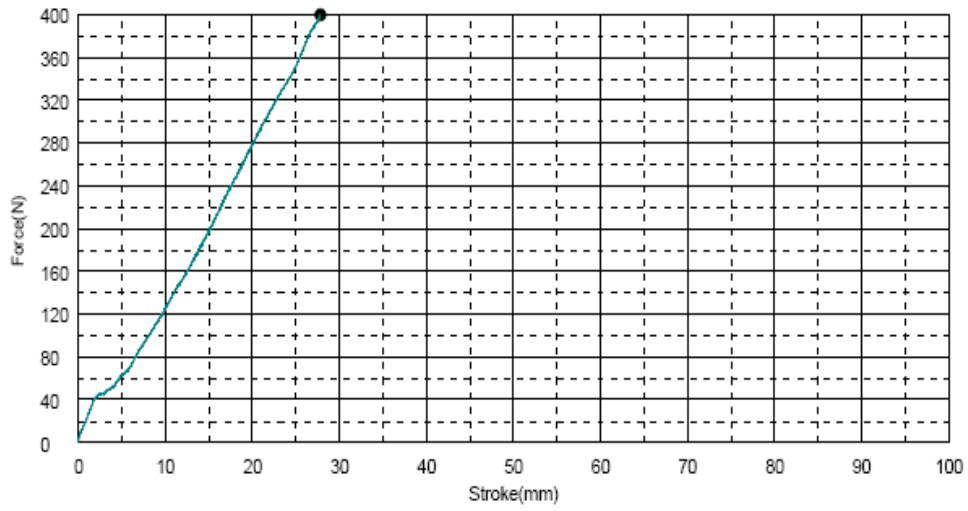


Grafik 1 Köprü plaklama grubundan dört numaralı deneğin burulma testinde elde edilen yük- yer değiştirme eğrisi

Shape: Plate

Units	Thickness	Width	Gauge Length
1 - 1	mm	mm	mm
1 - 1	1.0000	1.0000	100.0000

Name	Max Force	Max Disp
Units	N	mm
1 - 1	400.000	27.7960

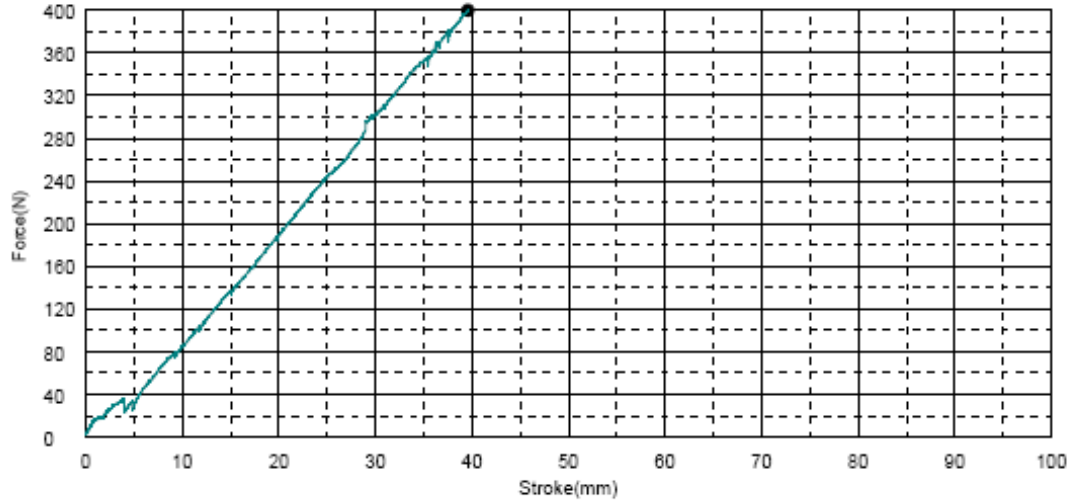


Grafik 2 Antegrad intramedüller çivileme grubundan altı numaralı deneğin burulma testinde elde edilen yük- yer değiştirme eğrisi

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
1 - 1	1.0000	1.0000	100.0000

Name	Max Force	Max Disp
Units	N	mm
1 - 1	399.844	39.5590



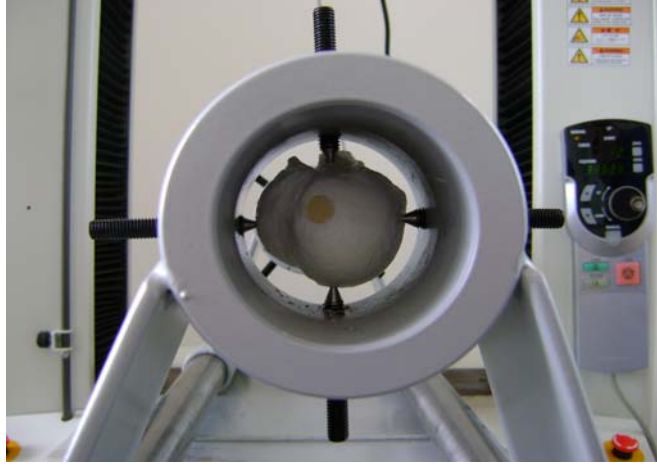
Grafik 3 Retrograd intramedüller çivileme grubundan iki numaralı deneğin burulma testinde elde edilen yük- yer değiştirme eğrisi

Deneyler yapılırken deneklere yük verilmeden önce basma aleti, her deney için kalibre edildi. Burulma aparatı çelik tel ile yere sabitlendi. Burulma aparatının makara sistemi, basma aletine çelik tel ile bağlanarak yer çekimi doğrultusuna ters yüklenme oluşturuldu. Böylece humerusların distal kısmına eksternal rotasyon uygulayacak düzenek hazırlandı. Deneklerin burulma aletinin döndürme eksenine aynı paralellikle yerleştirilmesine dikkat edildi. Basma aleti 320 N'a kadar, basma hızı 5 mm/dak olacak şekilde sürekli artan yüklenme uygulandı.



Resim 8

Burulma testlerinde uyguladığımız 320 N yükü 9.6 N/m'lik tork elde etmiş olduk (moment=Uygulanan yük x mesafe). Ölçümler sonucunda yük (N) - yer değiştirme (mm) eğrileri elde edilmiş oldu.



Resim 9 Burulma aparatının sabit bölümünde deneğin santralizasyonu



Şe

Resim 10 Burulma aparatında çivilenmiş deneğin yandan görüntüsü

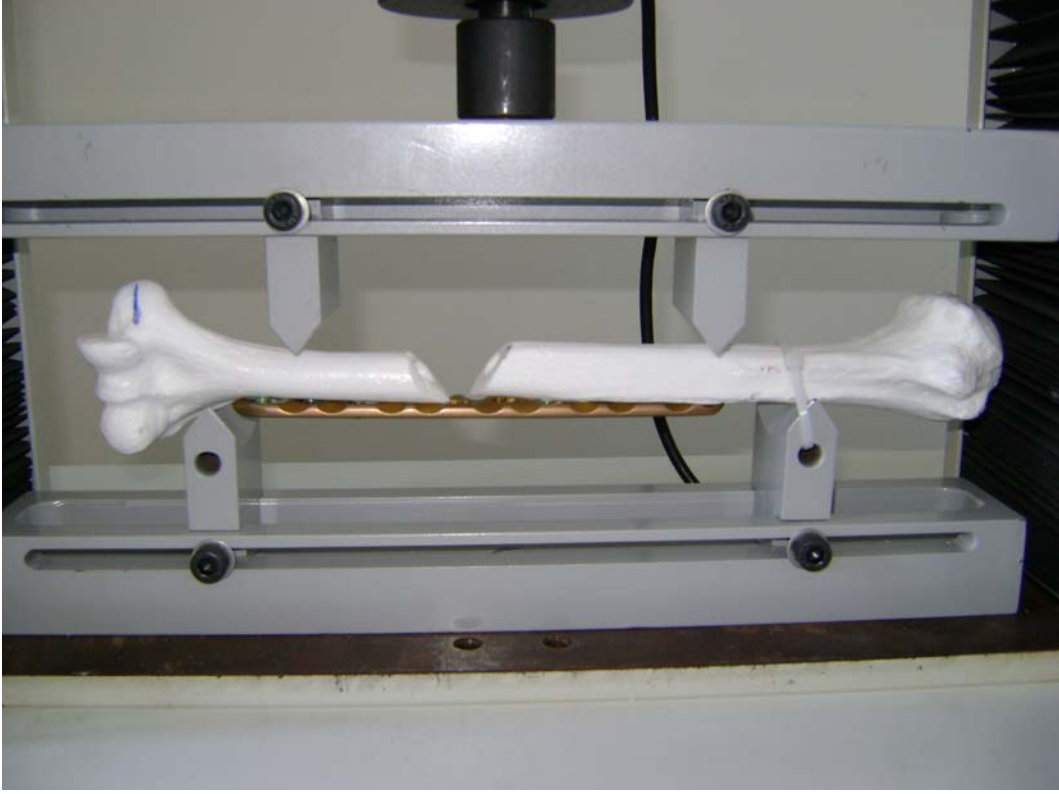
5.4.2 Dört nokta bükülme (bending) testleri

Bu test için 450 mm'lik iki parçadan oluşan, deneğin üzerine uzanabileceği, iki adet kama şeklinde uzantıları olan alt destek noktaları ve basma aletine takılan, yine iki adet keskin yüzeyli uzantılı üst destek noktaları olan bir cihaz tasarlandı.



Resim 11 Dört nokta bükülme aparatının görüntüsü

Denekler, üst destek noktaları arasında 150 mm, alt destek noktaları arasında 220 mm mesafe bulunacak şekilde düzeneğe yerleştirildi. Böylece her iki tarafta üst ve alt destek noktaları arasındaki mesafe 35 mm olacak şekilde sabitlendi. Destek noktalarının deneklere eşit düzlemde temasına özen gösterildi.



Resim 12

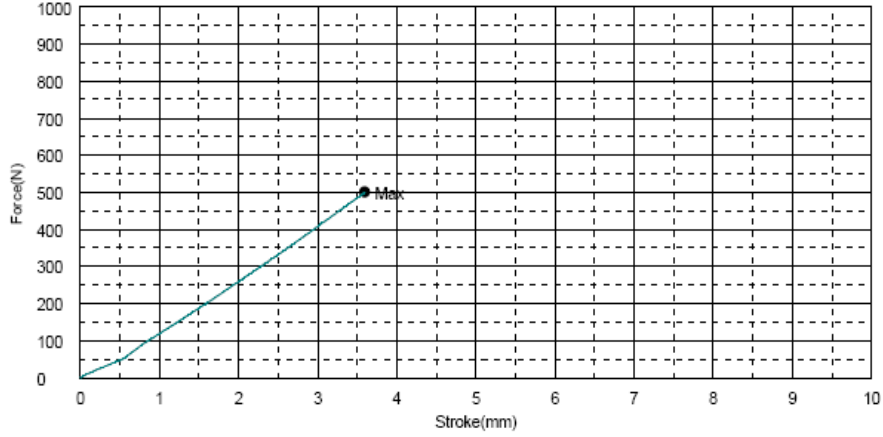
Deneklere basma aleti ile mediolateral doğrultuda 500 N'a kadar, hızı 5 mm/dak olacak şekilde aksiyel yönde dört nokta bükülme uygulandı. Böylece 500 N yükü yük (N)-yer değiştirme (mm) eğrileri elde edildi

Shape: Tube1

	Outer Diameter	Inner Diameter	Lower Support	Upper Support
Units	mm	mm	mm	mm
1 - 1	22.0000	9.5000	220.0000	150.0000

Name	Max Force	Max Disp	Max Stress	YP Force	YP Disp
Parameter				0.1 %/FS	0.1 %/FS
Units	N	mm	N/mm2	N	mm
1 - 1	500.938	3.59400	8.68806	--	--

Name	YP Stress
Parameter	0.1 %/FS
Units	N/mm2
1 - 1	--



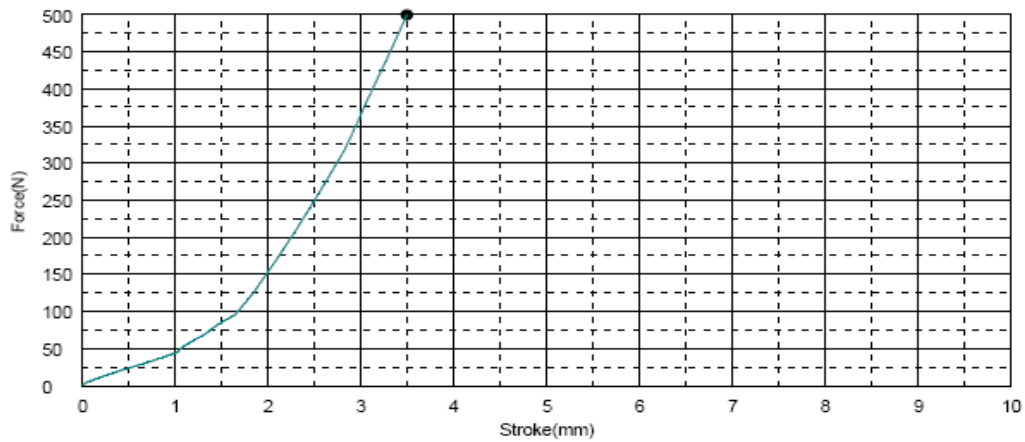
Grafik 4 Köprü plaklama grubundan üç numaralı deneğin dört nokta bükülme testinde elde edilen yük- yer değiştirme eğrisi

Shape: Tube1

	Outer Diameter	Inner Diameter	Lower Support	Upper Support
Units	mm	mm	mm	mm
1 - 1	22.0000	9.5000	220.0000	150.0000

Name	Max Force	Max Disp	Max Stress	YP Force	YP Disp
Parameter				0.1 %/FS	0.1 %/FS
Units	N	mm	N/mm2	N	mm
1 - 1	499.531	3.49300	8.66367	--	--

Name	YP Stress
Parameter	0.1 %/FS
Units	N/mm2
1 - 1	--



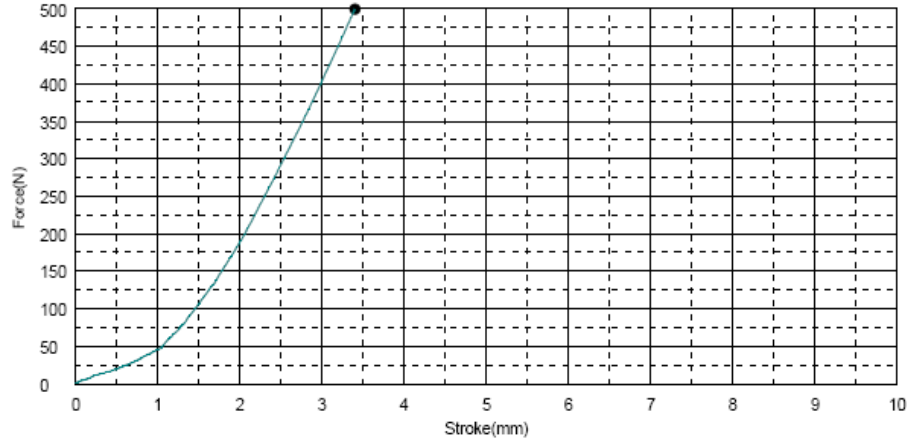
Grafik 5 Antegrad intramedüller çivileme grubundan dört numaralı deneğin dört nokta bükülme testinde elde edilen yük- yer değiştirme eğrisi

Shape: Tube1

	Outer Diameter	Inner Diameter	Lower Support	Upper Support
Units	mm	mm	mm	mm
1 - 1	22.0000	9.5000	220.0000	150.0000

Name	Max Force	Max Disp	Max Stress	YP Force	YP Disp
Parameter				0.1 %/FS	0.1 %/FS
Units	N	mm	N/mm2	N	mm
1 - 1	499.219	3.40000	8.65825	--	--

Name	YP Stress
Parameter	0.1 %/FS
Units	N/mm2
1 - 1	--



Grafik 6 Retrograt intramedüller çivileme grubundan üç numaralı deneğin dört nokta bükülme testinde elde edilen yük- yer değiştirme eğrisi



Resim 13

5.5 Ölçümlerin istatistiksel incelenmesi

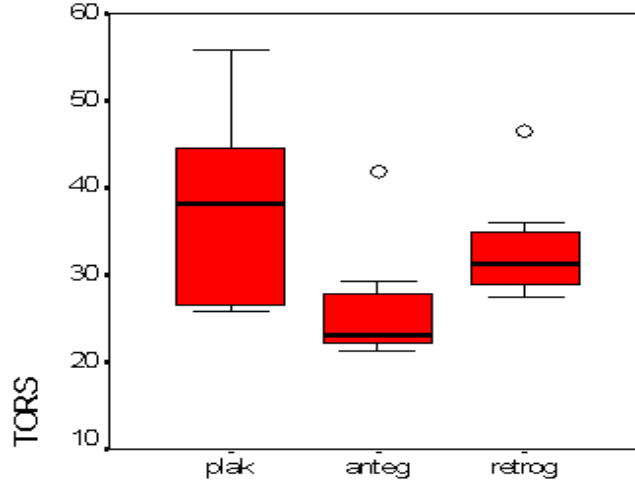
Üç farklı grubun 21 humerusla yapılan 42 yüklenme testinden elde edilen ham verilerin istatistiksel analizi SPSS (SPSS for Windows release 11, SPSS Inc. Chicago.IL, USA) programı kullanılarak yapıldı. Grupların bükülme ve burulma ölçüm değerleri ortalamaları \pm standart sapma değerleri saptandı. Grupların arasındaki ölçüm değerleri ortalamaları açısından farkın anlamlı olup olmadığını belirlemek amacı ile bağımsız gruplarda varyans analizinin nonparametrik karşılığı olan Kruskal-Wallis varyans analizi uygulandı; anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak belirlendi.

6. BULGULAR

6.1 Burulma (torsiyon) testleri

Burulma testlerinde yük-yer değiştirme eğrileri elde edildi. 360 N yük altındaki burulma testlerinde elde edilen yer değiştirme miktarları SPSS programına aktarıldı.

TORS



Grafik 7 Grupların burulma testindeki yer değiştirme miktarlarının ortalama değerleri

Fiksasyon şekli	n	minimum	maksimum	ortalama	Standart sapma	
Plak	7	25.7500	55.6875	37.376071	12.1467339	χ^2 ve p 5.565 ve 0.068
Antegrat	7	21.2500	41.8125	26.553571	7.3078180	
Retrograt	7	27.5000	46.4520	33.234214	6.5613844	

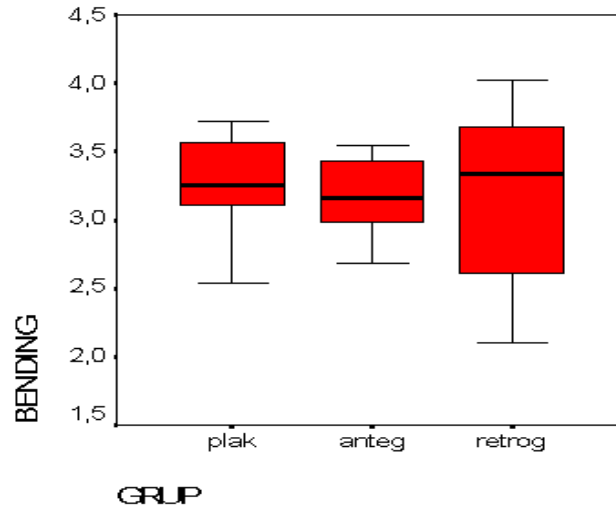
Tablo 2 Burulma testinde farklı tespit yöntemlerinin yük(N)- yer değiştirme(mm) miktarlarının minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri

Grupların burulma testinden elde edilen verilerin minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri elde edilirdi. Tablo 2’de görüldüğü gibi köprü plaklama uygulanan grupta ortalama yer değiştirme 37.38 mm (25.75-55.68 mm), antegrad çivileme uygulanan grupta ortalama deplasman 26.55 mm (21.25-41.81 mm), retrograd çivileme uygulanan grupta ortalama deplasman 33.23 mm (27.50-46.45 mm) saptandı. Bu sonuçlar altında deneklere uygulanan 360N burulma kuvvetinin yer değiştirme miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır (p=0.068).

6.2 Dört nokta bükülme (bending) testleri

Dört nokta bükülme testlerinde yük-yer değiştirme eğrileri elde edildi. 500 N yük altındaki bükülme testlerinde elde edilen yer değiştirme miktarları SPSS programına aktarıldı.

BENDING



Grafik 8 Grupların dört nokta bükülme testindeki yer değiştirme miktarlarının ortalama dağılımı.

Fiksasyon şekli	n	minimum	maksimum	ortalama	Standart sapma	
Plak	7	2.5400	3.7280	3.269429	0,4040585	χ^2 ve p 0.208 ve 0.901
Antegrad	7	2.6880	3.5470	3.174143	0.32558443	
Retrograd	7	2.1010	4.0260	3.152143	0.7309048	

Tablo 3 Dört nokta bükülme testinde farklı tespit yöntemlerinin yük(N)- yer değiştirme(mm) miktarlarının minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri

Grupların dört nokta bükülme testinden elde edilen değerlerin minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri elde edilirdi. Tablo 3'te görüldüğü gibi köprü plaklama uygulanan grupta ortalama yer değiştirme 3.27 mm (2.54-3.73 mm), antegrad çivileme uygulanan grupta ortalama deplasman 3.17 mm (2.67-3.55 mm), retrograd çivileme uygulanan grupta ortalama deplasman 3.15 mm (2.10-4.02 mm) olarak saptandı. Bu sonuçlar altında deneklere uygulanan 500 N yüklenme ile oluşturulan dört nokta bükülme testinde, üç farklı tespit grubu arasında anlamlı fark saptanmamıştır (p=0.901).

7. TARTIŞMA

Humerus kırıkları tüm kırıkların yaklaşık olarak % 1-3'ünü oluşturmaktadır(1, 2). Kaynamama oranları literatürde % 10 ile % 15 arasında bildirilmektedir (4, 24). Son yıllarda uzun kemik kırıklarının internal tespitinde, rijit tespit yerine biyolojik tespit metodlarının, kaynama yönünden daha iyi sonuçlar verdiği bildirilmektedir. Bu çalışmamızda, medial kelebek fragmanlı AO sınıflamasına göre 12B2 humerus kırık tipinde minimal invaziv yöntemle uygulanan internal tespit metodlarının dayanıklılıkları ölçülmüştür.

Humerusta primer besleyici arterler, cismin orta noktasının hemen altında, medial sınırdan girer. Carrol'un yaptığı çalışmada 71 erişkin humerusun 57'sinde sadece tek bir besleyici arter bulunduğu gösterilmiştir (12). Çalışmamızda da bu anatomik bulgular göz önüne alınarak, kelebek segment besleyici arterin girdiği bölgeden çıkarıldı. Humerus orta distal bileşkesindeki kırıklarda iyileşme problemi ile karşılaşılmasının nedenlerinden biri, kırığın oluşumunda ya da cerrahi sırasında, bu bölgedeki besleyici arterin hasara uğrayarak, kelebek fragmanın avasküler kalması olarak gösterilmektedir. Bu kelebek segment, kırık bölgesinin bir bölgesinde başarı ile kaynarken, bir bölgesinde kaynamama gelişebilir (4, 12).

Yeni geliştirilen implantlarla farklı tespit yöntemlerinin kıyaslanmasında biyomekanik testler kullanılmaktadır. Bu testlerde amaç, günlük hareketler sırasındaki yüklenmeleri taklit etmek ve oluşturulan yapıların nasıl tepki vereceğini gözlemlemektir. Bu deneylerde insan kadavra kemikleri ya da kemiğin mekanik özelliklerini taklit eden homojen kemik analogları kullanılabilir. İnsan kadavra kemiği kullanılan testlerde kemik mineral yoğunluğundaki farklılıklar, deneklerin standart sapmalarını artırır ve sonuçlarda değişkenlik oluşturabilir. Lin ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, kemik implant yapısının osteoporotik kemiklerde düşük yüklerde bozulma eğiliminin kemiğin kendisinden, osteoporotik olmayan deneklerde yüksek yüklerde bozulma eğiliminin implanttan kaynaklandığını belirtmişlerdir (25). Bizim çalışmamızda, gruplar arasında standardizasyon sağlamak amacı ile kemik analogu kullanımı uygun görülmüştür (26-28).

Humerusla ilgili implant yetmezliği oluşturan deneysel çalışmalarda, farklı farklı yüklenmelerin verildiği göze çarpmaktadır (29). Blum ve arkadaşları humerus cisim kırıklarında retrograd intramedüller çivilerin biyomekanik özelliklerini değerlendirdiği çalışmada bükülme testinde 450N'luk yüklenme, burulma yüklenmelerinde 8 Nm'lik tork uygulamışlardır (30). Biz de çalışmamızda, dört nokta bükülme testinde 500N, burulma testinde 9.6 Nm tork oluşturacak şekilde yüklenme uyguladık. Biz implant yetmezliği oluşturmayacağımız için kemik implant yapısını bozmamak amacı ile bu fizyolojik yüklerde deneyimizi uyguladık.

Çalışmamızda synthes expert humeral çivi ve synthes 4.5 mm dar LC-DCP plak kullanıldı. Her iki tespit materyalinde titanyum alaşımlıydı. Oluşturulan kemik implant yapılarında test edilen yüklenmeler kırık bölgesinden, kullanılan implantlar aracılığı ile taşınır. Benzer materyal özellikleri olan tespit cihazlarının kullanımı, kemik implant yapısının stabilitesini ölçmede meydana gelebilecek karışıklıkları ortadan kaldırır (31).

Humerus cisim kırıkları üzerinde uygulanacak testlerde oluşturulan osteotomi önem taşımaktadır. Kırık bölgesinin kemiğin proksimaline ya da distaline yakın olması, kemik implant temas miktarını değiştirir. Bununla birlikte kemik uçları arasındaki temas da, yapının bükülme ve burulma dayanıklılığını değiştireceği için test sonuçlarını etkiler. Literatürde farklı osteotomi şekilleri tanımlanmıştır. Lin ve Gardner humerus cisim kırıkları üzerinde yaptıkları farklı çalışmalarda 5 mm boşluk bırakarak transvers kırık modeli oluşturmuşlar, Blum ve arkadaşları bu değeri 3 mm, Maher ve arkadaşları 10 mm olarak uygulamışlardır (25, 31-33). Zimmerman ve arkadaşları benzer biyomekanik çalışmalarında arada boşluk bırakmadan yapılan osteotominin, intramedüller çivileme sonrasında açıldığını ancak plaklı tespitte bunun gerçekleşmediğini bildirmişler ve bu durumun test sırasında yapıların bükülme ve burulma özelliklerini değiştirdiğini belirtmişlerdir. Oluşturulan kırık modellerinde amaç stabil olmayan kırık elde etmektir (34). Literatürde bizim oluşturduğumuz kırık modeline benzer kırık modeline rastlamadık. Bu oluşturduğumuz kırık modeli tipini, tibia kırıkları için yapılan çalışmalardan esinlendik. Bu tip kırık modeli oluşturarak, biyolojik olarak beslenmesi zayıf ve cerrahi sonrası kaynama sorunları oluşturabilecek bölgede uygulanabilecek tespit yöntemlerinin dayanıklılıklarını test ettik. Bu çalışmadaki amacımız klinikte medial fragmana dokunmadan uygulanabilecek minimal invaziv metodların dayanıklılıklarını ortaya koymaktır.

İnternal tespitin son yıllardaki gelişimi, biyolojik tespitle daha az hasar oluşturmaktadır. Biyolojik internal fiksasyonun amacı, özellikle ara kırık fragmanlara kesin redüksiyonu sağlamaksızın, dolaylı redüksiyonla dokulara en az hasar oluşturarak tespitin sağlanmasıdır (14). Çalışmamızda kelebek fragman tespit edilmeyip, kemik-implant yapısından uzaklaştırılmıştır.

Perren'in yaptığı çalışmada stabilite, farklı yüklenmelerde kırık fragmanların yer değiştirme miktarı olarak tanımlanmıştır. Kırık bölgesine kompresyon uygulandığında yer değiştirme gözlenmez ve bu metod mutlak stabilizasyon olarak adlandırılır. Eğer kırık bölgesine implant tarafından kompresyon uygulanmazsa, göreceli yer değiştirme meydana gelecektir. Bu farklı stabilizasyon biçimleri kırık iyileşme tipini belirler. Biyolojik internal tespitte göreceli yer değiştirme gözlenir ve doku farklılaşması ile sekonder kırık iyileşmesi

oluşur. Bu tip kırık iyileşmesinde kallus meydana gelir ve uzun süren internal remodelasyon beklenir. Mutlak stabilizasyon durumunda havers sistemi ile primer kırık iyileşmesi oluşur ve kallus yapısı oluşmaz (14).

Minimal invaziv plak tespit yöntemleri, ilk olarak subtrokanterik ve distal femur kırıkları için tanımlanmış olsa da, humerus için de bu yöntemin kullanılabilceği literatürde tanımlanmıştır (35-37). Humerusta, proksimalde aksiller sinir, distal kısımda radial sinir komşuluğundan dolayı bu yöntemi uygulamak teknik olarak zordur. Bu teknik proksimal ve distalde en azından üç vida tespitine izin veren deltoid insersiyosunun 6 cm altı ile, trochlear fossanın üzerindeki kırıklarda uygulanabilir. Vidalar plağa kilitlenir ve plak kemiğe tam olarak oturmaz; böylece plak altında radial sinirin sıkışması komplikasyonundan da kaçınılmış olur. Bu tip plaklamada anterior yaklaşım önerilmektedir (35-37). Uzun plaklarla kırık bölgesi köprülenerek, her iki uçta kısa fiksasyonlarla, bükülme stresleri plağın gövdesinde dağıtılır (38).

Perren'in çalışmasında minimal invaziv plak osteosentezinde kullanılan kilitli plakların, eksternal fiksatör uygulamalarına benzer biçimde, kemik yüzeyinde minimal temas alanı sağlayarak kemik kanlanmasında ek hasar oluşumunu en aza indireceği belirtilmiştir. Burada kullanılan plakların kemik yüzey eğimine tam oturması gerekmez. Plağın klavuz aleti ile uygulanabilir olması, küçük insizyondan körlemesine, kırık hattı boyunca geçilerek, kendinden oymalı vidalarla kemiğe tespit edilebilmesini sağlar. Bu teknik kullanım kolaylığı sağlasa da, gerekli vida boylarını belirlemeye izin vermez. Bu yüzden bu plaklar, uç kısımları medüller kanalda kalacak şekilde tek korteksi tutan vidalarla tutturulur (14). Çalışmamızda benzer durumu oluşturmak için plağa kilitlenebilen, tek korteksi tutan vidalarla tespit uyguladık.

An zhiquan ve arkadaşları, orta distal üçte birlik humerus cisim kırıklı, yirmi üç hastalık prospektif çalışmasında minimal invaziv plak tespitinde kaynamama, radial sinir paralizi ve implant yetmezliği saptamamıştır. Sonuç olarak MİPO tekniğini humerus orta distal üçte birlik kırıklarında uygulamanın etkili ve güvenli bir metod olduğunu bildirmiştir (37). Ayrıca An zhiquan ve arkadaşları konvansiyonel plaklama ile MİPO tekniğini kıyasladıkları bir diğer çalışmada, MİPO tekniğinde daha kısa sürede kemik kaynaması olduğu ve daha düşük oranlı iatrojenik radial sinir paralizisinin görüldüğü ancak fonksiyonel yönden değerlendirildiğinde geleneksel plaklama ile benzer sonuçların ortaya çıktığı saptamıştır (39).

Livani ve arkadaşları, humerus cisim kırıklı 15 hastada minimal invaziv teknikle köprü plaklama uygulamıştır. Bu hastalardan beşi AO tip A, yedisi tip B, dördü tip C kırıklardır.

Komplikasyon oranlarının düşük olması ve elde edilen iyi sonuçlar, bu yaklaşımın humerus cisim kırıklarının cerrahi tedavisinde kullanılabileceğini göstermektedir. Bu tekniğin erken eklem hareketlerine izin verecek stabiliteyi sağlaması ve minimal cerrahi hasar oluşturması önemli avantajdır. Radial sinir lezyonlu kırıklarda, sinir eksplorasyonu gerektiği için bu tedavi şekli önerilmez (35).

O'toole ve arkadaşlarının deneysel çalışmasında, kilitli plak ile geleneksel plak humerus cisim kırığı modelinde kıyaslanmıştır. Sentetik ve kadavra kemikleri üzerinde yaptıkları bu çalışmada, kilitli plak uygulamasının biyomekanik bir avantaj sağlamadığı bildirilmiştir. Bu nedenle rutin olarak humerus cisim kırığı tedavisinde kilitli plak kullanımı yüksek maliyet ortaya çıkarır. Bu uygulamanın osteoporotik kemiklerde ya da minimal invaziv yöntemle köprü plaklama uygulamalarında kullanılabileceği belirtilmiştir (36).

Humerusun proksimal ve distal uçtan kilitlenebilir olması, farklı çivileme yöntemlerinin biyomekanik olarak değerlendirilebilmesi için iyi bir örnek oluşturur. Biz, daha önce Blum ve arkadaşlarının çalışmasında kullandıkları çividen farklı bir çivi kullandık. Bizim kullandığımız humerus expert çivi sisteminin en önemli farkı, distal kilitleme vidalarının 22.5° lik açılanmalarla farklı doğrultularda kilitlenebilir olmasıdır. Bu farklı açılanma anterolateral, anteromedial ve anteroposterior doğrultuda kilitlemeye izin verir. Böylece çivinin distal kilitleme vidaları lateral suprakondiler kenara daha sıkı tutunur ve daha iyi bir tespit sağlanır.

Cheng ve arkadaşlarının yaptığı, humerus cisim kırıklı, 92 hastadan oluşan, prospektif randomize çalışmada antegrad ve retrograd intramedüller çivilerin etkileri ve potansiyel riskleri kıyaslamıştır. Antegrad yaklaşımın en önemli dezavantajı rotator manşet hasarına bağlı omuz eklemine oluşan fonksiyon kaybıdır. Retrograd uygulamanın potansiyel riski ise dirsek eklemi hasarı ve operasyon sırasında gelişebilen kırıklardır. Çalışmada retrograd çivileme grubunun operasyon süresi antegrad çivileme grubuna göre belirgin olarak uzun bulunmuştur. Omuz fonksiyonlarının geri kazanım süresi antegrad yaklaşımda uzunken, retrograd yaklaşımda dirsek fonksiyonlarının geri kazanım süresi uzun bulunmuştur. Genel durum bozukluğu olan hastalarda cerrahi uygulama süresi daha kısa olan antegrad uygulama önerilmiştir (40).

Chapman ve arkadaşları yaptıkları randomize, prospektif çalışmada humerus cisim kırıklarında intramedüller çivileme ile plakların klinik sonuçlarını kıyaslamışlar, her iki tespit yöntemi arasında iyileşme açısından anlamlı fark bulamamışlardır. Çivi ile tedavi edilen hastalarda omuz ağrısı ve sertliği, plak ile tedavi edilenlerde dirsek sertliği ve ağrısı saptanmıştır (41).

Mccormack ve arkadaşları prospektif çalışmalarında, 18 AO tip A, 19 tip B, yedi tip C humerus cisim kırığı içeren 44 hastada dinamik kompresyon plağı ile intramedüller çivilemeyi karşılaştırmışlar, her iki uygulama arasında omuz ve dirsek fonksiyonları arasında bir fark saptamamışlardır. Ancak bulguları eşliğinde unstabil humerus cisim kırıklarında DCP'nin en uygun tedavi seçeneği olduğunu, çivilemenin belli özel durumlarda uygulanabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca intramedüller çivilemede iatrojenik radial sinir felci, omuz ekleminde ciddi ağrı ve adheziv kapsülit gibi yüksek komplikasyon oranlarının dikkat çekici olduğunu bildirmişlerdir (42).

Jinn ve arkadaşları yaptıkları çalışmada humerus cisim kırıklarında, retrograd ve antegrad çivileri biyomekanik olarak kıyaslanmışlardır. Sonuçta kırığın kısa segmentinden uzun segmentine yapılan çivilemenin mekanik bir avantaj sağladığı belirtilmiştir. Bu avantajı sağlayan önemli etken çivi kemik tutunmasıdır. Aynı çalışmada olekranon fossanın 10 cm üzerinden osteotomi yapılan kırık modellerinde, antegrad ve retrograd yönde yapılan çivilemeler arasında farklı yüklenmelerde anlamlı bir fark saptanmamıştır. Antegrad çivilemede distal fragmanda, retrograd çivilemede proksimal fragmanda 5 cm' lik kemik çivi tutunmasının yeterli fiksasyon sağlayacağı söylenebilir (25). Bizim çalışmamızda da farklı yüklenmelerde antegrad ve retrograd çivileme grupları arasında fark bulunmamıştır.

Zimmerman ve arkadaşları humerus cisim ortasındaki transvers kırık modelinde, dört farklı fiksasyon yöntemini biyomekanik olarak kıyaslamıştır. Plaklanan deneklerin burulma özellikleri elastik çivilerden üstün çıkmıştır. Solid çivilerin burulma özellikleri ise plaklara göre daha üstündür. Çalışmalarında kullandıkları plaklar nötral özellikte olup altı adet vida ile kemiğe tespit edilmiştir (34). Bizim çalışmamızda ise kırık fragmanların her iki ucunda dörder tane plağa kilitlenebilen vida kullanılmıştır. Bu durum burulma ve bükülme testlerinde çivilerle anlamlı fark oluşmamasını açıklayabilir.

Gardner ve arkadaşları yaptıkları osteoporotik humerus kırık modelinde kilitli ve kilitsiz vida kullanarak, tespit stabilitesini burulma yüklenmesi altında değerlendirmiştir. Osteoporotik unstabil diafiz kırık modellerinde kilitli plaklar, kilitsiz plak-vida yapılarına göre, burulma testlerinde daha üstün bulunmuştur. Tek bir kompresyon vidası kullanımı ile hibrid yapılan sistemin, ek bir stabilite sağlamadığı, ancak daha önemlisi tümü kilitli sistemlerle kıyaslandığında, stabilite açısından anlamlı bir farkın olmadığı bulunmuştur. Kilitli vidalar, kilitsiz vidalara göre daha pahalıdır. Hibrid yapıların burulma özellikleri tümü kilitli vida-plak kombinasyonuna göre benzer biyomekanik özellik göstermektedir (33). Kilitli plakların kilitli ve kilitsiz vidalarla hibrid kombinasyonun düşük kemik kalitesindeki hastaların kırık tedavisinde kullanılabileceği söylenebilir. Çalışmamızda da burulma

yüklenmelerinde, kilitli vidalarla tespit edilen plaklar ve kilitli intramedüller çiviler arasında benzer yer değiştirme miktarları saptanması, plaklarda kilitli vidaların kullanılması nedeniyle olabilir.

Chen ve arkadaşlarının yaptıkları biyomekanik çalışmada, humerus cisminde 1,5 cm'lik boşluk oluşturmuşlar ve bu model üzerinde plak ve intramedüller çivi metodlarını karşılaştırmışlardır. Aksiyel yüklenmeleri test ettikleri çalışmada, fizyolojik yüklenmelerde her iki tespit yöntemi arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Kemik implant yapısı, intramedüller çivi uygulanan grupta daha yüksek değerlerde bozulmuştur. Bu durumun parsiyel yüklenme gerektiren çoklu travmalı hastaların operasyon sonrası rehabilitasyonunda avantaj sağlayabileceği bildirilmiştir (43).

Çalışmamızda burulma ve mediolateral dört nokta bükülme testleri uygulanmıştır. Bunu uygulamamızın nedeni günlük kullanımda humerusun sıklıkla bu iki yönlü kuvvete maruz kalmasındandır. Humerus birçok yükün etki ettiği bir kemiktir. Literatürde farklı biyomekanik çalışmalarda, farklı yüklenme özellikleri tartışılmıştır (25, 31, 32, 36).

Sonuç olarak medial kelebek fragmanlı AO sınıflamasına göre 12B2 humerus cisim kırıklarında minimal invaziv olarak kullanılacak intramedüller çivi ve plak metodları arasında bir fark saptanmamıştır. Yukarıda belirtilen birçok çalışmada bu metodların birbirine üstünlüğü klinik olarak da bildirilmemiştir. Ancak literatüre baktığımızda genel olarak plaklama yönteminin daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Cerrahin deneyimi, hastanın genel durumu ve kırığın tipi uygulanacak metodu belirleyecektir. Biyomekanik olarak bakıldığında bu yöntemlerin birbirleri arasında bir fark bulunmamıştır.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

1- Humerus cisim kırıklarında intramedüller çiviler ve plaklı tespit seçilebilecek tedavi alternatifleridir.

2- Medial kelebek fragmanlı humerus cisim kırıkları, minimal invaziv plak tespiti ile köprü plaklama uygulanarak başarı ile tedavi edilebilir.

3- Biyolojik tespit yöntemleri olan intramedüller çiviler ve MİPO tekniği, medial kelebek fragmanlı humerus kırıklarında benzer biyomekanik özelliklere sahiptir.

9. KAYNAKLAR

1. Ekholm R, Adami J, Tidermark J, Hansson K ve ark. Fractures of the shaft of the humerus. An epidemiological study of 401 fractures. *J Bone Joint Surg (Br)* 2006;88:1469-1473.
2. Tytherleigh-Strong G, Walls N, McQueen MM. The epidemiology of humeral shaft fractures. *J Bone Joint Surg (Br)* 1998;80:249-253.
3. Castella FB, Garcia FB, Berry EM, Perello EB ve ark. Nonunion of the humeral shaft: long lateral butterfly fracture--a nonunion predictive pattern? *Clin Orthop Relat Res.* 2004;227-230.
4. Jupiter JB, von Deck M. Ununited humeral diaphyses. *J Shoulder Elbow Surg.* 1998;7:644-653.
5. Klenerman L. Fractures of the shaft of the humerus. *J Bone Joint Surg (Br)* 1966;48:105-111.
6. Modabber MR, Jupiter JB. Operative management of diaphyseal fractures of the humerus. Plate versus nail. *Clin Orthop Relat Res* 1998:93-104.
7. Zagorski JB, Latta LL, Zych GA, Finnieston AR. Diaphyseal fractures of the humerus. Treatment with prefabricated braces. *J Bone Joint Surg (Am)* 1988;70:607-610.
8. Snell R.S çeviri: Mehmet Yıldırım Klinik Anatomi, 2004 s:411
9. Rockwood and green's fractures in adults, 2001 volume:1 s:976
10. Gökmen F.G. Sistematik anatomi, 2003 s:65
11. Menck J, Dobler A, Dohler JR. Vascularization of the humerus. *Langenbecks Archiv fur Chirurgie* 1997;382:123-127.
12. Carroll SE. A study of the nutrient foramina of the humeral diaphysis *J Bone Joint Surg (Br)*1963;45-B:176-181.
13. Klenerman L. Experimental fractures of the adult humerus. *Med Biol Eng* 1969;7:357-364.
14. Perren S.M. Evolution of the internal fixation of long bone fractures. The scientific basis of biological internal fixation: choosing a new balance between stability and biology. *J Bone Joint Surg (Br)* 2002;84:1093-1110.
15. Sarmiento A, Horowitch A, Aboulafia A, Vangsness CT, Jr. Functional bracing for comminuted extra-articular fractures of the distal third of the humerus. *J Bone Joint Surg (Br)* 1990;72:283-287.
16. Caldwell JA. Treatment of Fractures in the Cincinnati General Hospital. *Ann Surg* 1933;97:161-176

17. Gilchrist DK. A stockinette-Velpeau for immobilization of the shoulder-girdle. *J Bone Joint Surg (Am)* 1967;49:750-751.
18. Blum J, Engelmann R, K uchle R, Hansen M. Intramedullary nailing of humeral head and humeral shaft fractures. *eur j trauma emerg surg* 2007;33:149-158.
19. Dabezies EJ BC, Murphy CP, d'Ambrosia RD. Plate fixation of the humeral shaft for acute fractures, with and without radial nerve injuries. *J Orthop Trauma* 1992;6:10-13.
20. Canale ST. *Campbell's Operative Orthopaedics*, 2007 volume:1 s:98
21. Stanley hoppenfeld, piet deBoer. *Surgical exposures in orthopaedics: The anatomic approach*, 2005 s:68
22. Őenyuva G. Humerus cisim kemik kayıplarının onarımında fibula greftlerinin farklı tespit y ntemleriyle biyomekanik değerlendirilmesi. *Uzmanlık tezi* 2005
23. Yuehuei H. An ,Draughn R,A Mechanical testing of bone and bone implant interface, 2000 s:26-33
24. Corley FG, Williams GR, Pearce JC, Rockwood CA, Jr. The management of nonunions of the humerus. *Instr Course Lect* 1990;39:277-288.
25. Lin J, Inoue N, Valdevit A, Hang YS ve ark. Biomechanical comparison of antegrade and retrograde nailing of humeral shaft fracture. *Clin Orthop Relat Res* 1998:203-213.
26. BinbaŐ  . Kontrollü mikro harekete izin verebilen plağın rijit plak ile biyomekanik olarak karŐılaŐtırılması. *Uzmanlık tezi* 2007.
27. Dilber G. Periprotetik suprakondiler femur kırığına uygulanan farklı tespit yöntemlerinin aksiyel ve rotasyonel yüklenme altında değerlendirilmesi. *Uzmanlık tezi* 2007
28. Sağol E. Fragmanlar arasında kompresyon yapan yeni tasarımılanan vidanın biyomekanik değerlendirilmesi ve diğer vidalarla karŐılaŐtırılması. *Uzmanlık tezi* 2006
29. Vilson U, Nilton M, Cl udio H,B, Carlos A,M ve ark. Primary stabilization of humeral shaft fractures: an experimental study of different osteosynthesis methods. *Acta Ortop Bras* 2008;16:8-12.
30. Blum J, Machemer H, Baumgart F, Schlegel U ve ark. Biomechanical comparison of bending and torsional properties in retrograde intramedullary nailing of humeral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 1999;13:344-350.
31. Maher SA, Meyers K, Borens O, Suk M ve ark. Biomechanical evaluation of an expandable nail for the fixation of midshaft fractures. *J Orthop Trauma* 2007;63:103-107.
32. Blum J, Karagul G, Sternstein W, Rommens PM. Bending and torsional stiffness in cadaver humeri fixed with a self-locking expandable or interlocking nail system: a mechanical study. *J Orthop Trauma* 2005;19:535-542.

33. Gardner M.J, Matthew H, Griffith M, Demetrakopoulos D ve ark. Hybrid Locked Plating of osteoporotic fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg (Br)* 2006;88-a: 1962-1967.
34. Zimmerman MC, Waite AM, Deehan M, Tovey J ve ark. A biomechanical analysis of four humeral fracture fixation systems. *Journal of orthopaedic trauma* 1994;8:233-239.
35. Livani B, Belangero WD. Bridging plate osteosynthesis of humeral shaft fractures. *Injury* 2004;35:587-595.
36. O'Toole RV, Andersen RC, Vesnovsky O, Alexander M, Topoleski LD, Nascone JW, et al. Are locking screws advantageous with plate fixation of humeral shaft fractures? A biomechanical analysis of synthetic and cadaveric bone. *J Orthop Trauma* 2008;22:709-715.
37. Zhiquan A, Bingfang Z, Yeming W, Chi Z ve ark. Minimally invasive plating osteosynthesis (MIPO) of middle and distal third humeral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2007;21:628-633.
38. Apivatthakakul T, Arpornchayanon O, Bavornratanavech S. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) of the humeral shaft fracture. Is it possible? A cadaveric study and preliminary report. *Injury* 2005;36:530 - 538.
39. An Z, Zeng B, He X, Chen Q ve ark. Plating osteosynthesis of mid-distal humeral shaft fractures: minimally invasive versus conventional open reduction technique. *Int Orthop* 2009; mar 20.
40. Hao-Ren Cheng M, Jinn Lin, MD, PhD. Prospective randomized comparative study of antegrade and retrograde locked nailing for middle humeral shaft fracture. *J Orthop Trauma* 2008;65:94-102.
41. Chapman JR, Henley MB, Agel J, Benca PJ. Randomized prospective study of humeral shaft fracture fixation: intramedullary nails versus plates. *J Orthop Trauma* 2000;14:162-166.
42. McCormack RG, Brien D, Buckley RE, McKee MD ve ark. Fixation of fractures of the shaft of the humerus by dynamic compression plate or intramedullary nail. A prospective, randomised trial. *J Bone Joint Surg (Br)* 2000;82:336-339.
43. Chen AL, Joseph TN, Wolinsky PR, Tejwani NC ve ark. Fixation stability of comminuted humeral shaft fractures: locked intramedullary nailing versus plate fixation. *J Orthop Trauma* 2002;53:733-737.

EK 1:

Denek no	Bükülme	Burulma
1	2.822	41.897
2	3.142	29.706
3	2.688	26.221
4	3.493	21.375
5	3.361	21.063
6	3.547	22.671
7	3.166	23.384

Tablo 4 Antegrad çivileme yapılan grupta dört nokta bükülme ve burulma testlerindeki yer değiştirme miktarları (mm)

Denek no	Bükülme	Burulma
1	2.101	34.003
2	4.026	31.976
3	3.400	36.628
4	2.586	27.090
5	2.648	29.205
6	3.335	29.273
7	3.969	46.452

Tablo 5 Retrograd çivileme yapılan grupta dört nokta bükülme ve burulma testlerindeki yer değiştirme miktarları (mm)

Denek no	Bükülme	Burulma
1	3.254	50.600
2	3.149	26.786
3	3.594	56.172
4	3.728	26.778
5	3.549	38.095
6	2.540	38.912
7	3.072	26.347

Tablo 6 Plaklama yapılan grupta dört nokta bükülme ve burulma testlerindeki yer değıştirme miktarları (mm)