

Rijid ve stabil elastik intramedüller çivilemenin kallus oluşumuna etkisi

(Tavşan modelinde bir deneysel araştırma)

Kemal Aktuğlu⁽¹⁾, Sinan Kara⁽²⁾, Murat Argon⁽³⁾, Memduh Taner⁽⁴⁾, Yusuf Duman⁽⁵⁾, Hakkı Önçağ⁽⁶⁾

Bu deneysel çalışmada, taze kırıkların tedavisi amacıyla uygulanmakta olan rijid ve stabil elastik intramedüller çivileme modellerinin kallus oluşumuna etkisi araştırıldı. Kırkiki adet beyaz erkek tavşanın sağ tibialarına subperiosteal transvers osteotomi uygulandı. Birinci grup (n:21) tavşanlarda rijid (Küntschler gibi), 2. grup (n:21) tavşanlarda stabil elastik (Ender gibi) çivileme gerçekleştirildi. Kırık iyileşme sürecinde; kondrojenezis, encondrojenezis ile remodelasyon dönemlerinde klinik, sintigrafik ve radyolojik değerlendirme yapıldı. Deneye postoperatif 4. ayda son verildi. Yedi ve on günlük aralar ile Tc99m MDP kemik sintigrafisi uygulandı. Kırık odak çevresi (L) ile karşı taraf tibiasında aynı bölgeden (K) çizilen ilgi alanlarından elde edilen değerler kıyaslandı. L/K oranları 1. grupta 29-35. günlerde, 2. grupta 21-29. günlerde belirgin bir artış gösterdi. Deney verilerinin genel incelemesi sonucunda stabil elastik intramedüller çivileme örneğinde oluşan sekonder kallus sintigrafik izlemede daha hızlı ve kısa süreli bir remodelasyon göstermektedir. Radyolojik bulguların tersine remodelasyon sekonder kırık iyileşmesinde daha hızlı olmaktadır. Primer kırık iyileşmesinde aktivitenin daha uzun süreli olması medüller kallusunun geç reorganizasyonunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Kırık iyileşmesi, rijid tespit, stabil elastik tespit, intramedüller çivileme.

The effect of rigid and elastic stable intramedullary nailing to forming of callus. An experimental investigation on the rabbits

In this experimental study, for the aim to the treatment of fresh fractures, the effect of rigid or stable elastic intramedullary nailing models were investigated on the callus formation. Open transverse osteotomy was performed at the right tibiae of 42 male albino rabbits. In the 1. Groups rabbits (n:21), rigid (Küntschler like), in the 2. Group rabbits (n:21) elastic stable intramedullary nailing (Ender like) were performed. During the period of fracture healing in the stages of chondrogenesis, enchondrogenesis, and remodelling; scintigraphic and radiographic evaluations were made. Quantitative technetium scintigraphy was used to measure regional blood flow within the tibiae during consolidation, up to 16 weeks after operation. The ROI values of the area of bone fracture and the same area at the opposite tibiae were compared. In the 1. group, in 29-35 days; in the 2. groups in 21-29 days, L/C rates showed a significant increase. In this in vivo study, a relation couldn't be found between scintigraphic and radiological findings. This point has a clinical importance. At the results of general evaluation of experimental values, secondary callus which was formed in the example of elastic stable intramedullary nailing shows faster and short period of remodelation in the scintigraphic observation. Contrary to the radiologic findings, remodelation happens faster in the secondary fracture healing. Prolonging of the activity in the primary fracture healing shows a late reorganization of the medullary callus.

Keywords: Fracture healing, rigid fixation, stable elastic fixation, intramedullary nailing

Kırıklı olgularda odağın tespiti, iyileşme ve ekstremitte fonksiyonunun yeniden kazanılması için gereklidir (1, 7, 8). Ancak ideal tespit şekli yıllardan beri tartışılmakta ve tedavi ölçütlerinde bazı belirsizlikler bulunmaktadır (2, 9). Tarihsel gelişim içinde Böhler ve Sarmiento tarafından uygulanan ortopedik tedavi sekonder kırık iyileşmesi için iyi bir örnektir (10). Öte yandan Danis ve AO grubu tarafından tanımlan ve savunulan rijid plaklı osteosentez ile elde edilen primer veya direk kırık iyileşmesi gerçekte kırık iyileşmesinin doğasına aykırıdır (3, 17). Intramedüller çivileme ile elde edilen dinamik fiksasyon olaya başka bir bakış açısı ile yaklaşmaktadır (25). Ama yine de Küntschler tipi rijid intramedüller çivileme ile primer (direk); Ender, Metaizeau ve Marchetti tipi stabil elastik intramedüller çiviler ile sekonder (indirek) kırık iyileşmesi elde edilebilmektedir (5, 10, 14, 16).

Kırık iyileşmesindeki doğal biyolojik yol, birkaç aşamalı belirgin dış periosteal kallusun izlendiği sekonder ya da indirek iyileşmedir (15, 18). Bu olayın biyomekaniği çok iyi bilinmektedir (25). Günümüze kadar kırık hematomundan solid remodelasyonun tamamlanmış kemiğe dönüşü histolojik, radyolojik ve biyomekanik olarak ta basamak basamak incelenmiştir (21). Ancak primer ve sekonder kırık iyileşmesi esnasında oluşan kallusun sintigrafik karakterleri bilinmemektedir.

Kırık iyileşme sürecinde oluşan kallus dokusundaki kan akımı ve osteoplastik aktivite kuantitatif Tc sintigrafisi ile in vivo olarak ölçülebilmekte ve değerlendirilebilmektedir (22). Tc-99m MDP'nin kemikteki lokalizasyonunun majör belirleyicileri kan akımı, osteoplastik aktivite ve ekstraksiyon etkinliğidir (6).

(1) Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Yard. Doç. Dr.

(2) Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Uzman Dr.

(3) Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi

(4) Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı Yüksek Kimyageri

(5) Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı Doçenti

(6) Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Prof. Dr.

Çalışmamızda deneysel olarak tavşan tibia 1/3 orta transvers bölge kırıklarından sonra oluşturulan sekonder ve primer kırık iyileşme modellerinde, rutin kırık tedavisinde yaygın bir tedavi şekli olarak uygulanmakta olan 2 farklı intramedüller çivilemenin kırık iyileşmesi üzerindeki etkisi radyolojik ve sintigrafik yöntemlerle izlenmiş, farklı çivileme yöntemlerinin oluşan kallusa etkisi irdelenmiştir.

Gereç ve yöntem

Bu araştırma Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Deneysel Cerrahi Merkezi ile Nükleer Tıp Anabilim Dalı Ünitelerinde gerçekleştirilmiştir. Deneylerde yaşları 5 ile 8 ay arasında, ağırlıkları 2 ile 3 kg arasında değişen 42 adet genç erişkin erkek albino tavşan kullanıldı. Uygulanan çivileme yöntemine göre tavşanlar 2 ayrı gruba ayrıldı.

Cerrahi yöntem: Tüm tavşanlarda 5 mg/kg Ketal ve 2.5 mg/kg DHB ile anestezi sağlandıktan sonra alkol povidone iyodine solisyonu ile sağ alt ekstremitayı içine alan steril saha hazırlandı. Sağ tibia uzun eksenini boyunca anterolateral cilt kesisi ile girildi. 6 ile 7 cm arasında longitudinal uzunluğu 0.5 ile 0.6 cm dış çapı olan tibialarda tibiofibular bileşke düzeyinde yaklaşık 1 cm lik periost sıyrıldı. Tibiayı ortalamayan tibi-fibular bileşkede Gigli testeresi ile açık transvers osteotomi uygulandı. Fibula bileşkeden itibaren 0.5 cm kadar eksiz edilerek çıkarıldı. Proksimal ve distal medüller kanaldaki dolaşım el matkabına takılan bir drill ile oyularak bozuldu.

Rigid osteosentez uygulanan grupta medüller kanalı dolduran 2.5 ile 3 mm kalınlığında tek bir K teli retrograd olarak önce dize doğru itilerek tuberositas tibiadan çıkarıldı. Daha sonra kırık yerinde redüksiyon sağlandı. Çivi medüller kanaldan aşağıya doğru çakılarak Küntscher örneği rigid tespit sağlandı (Şekil 1).



Şekil 1: Rigid osteosentez modelinin 30. günde röntgenografik görüntüsü (Grup 1)

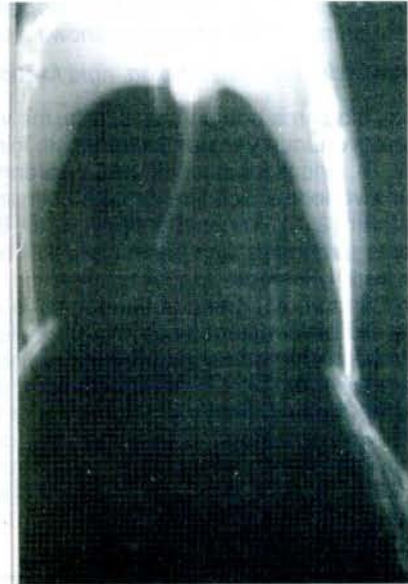
Elastik stabil osteosentez uygulanan grupta ise; 1.2 ile 1.5 mm kalınlığında 2 adet K teli osteotomi yapılmadan önce tibia üst ucunda medial ve lateralde hazırlanan giriş deliklerinde çakılarak Ender çivileme modeli oluşturuldu (Şekil 2).

Postoperatif 5 gün ayak ve dizi içine alan alçı uygulandı. Postoperatif 6, 10, 15, 21, 28, 35, 42, 50, 60, 75, 90, 105, 120.günlerde kırık bölgesindeki kanlanma Tc 99m MDP kemik sintigrafisi ile, modellerdeki primer ve sekonder kallus oluşumu ise, 15, 30, 45, 60, 75, 90,120. günlerde radyografik tetkikler gerçekleştirilerek izlendi.

Sintigrafik yöntem: Sağ kulak veninden 34 MBq/kg lik dozda Tc 99m-MDP iv olarak verildikten 2 saat sonra, Digital Kamera (Sophy NXT) ile, düşük enerjili genel amaçlı paralel delikli kolimatör kullanılarak, 1.6 zoom ile genel anestezi altında prone pozisyonda hareketsizleştirilen tavşanlarda 200.000 sayımlık statik alt ekstremita kemik imajları alındı (Şekil 3, 4). Tüm veriler hard diskte saklandı. Kırık bölgesi ve onun geometrik simetriği olarak sağlam taraf tibiada çizilen ilgi alanlarından (ROI) elde edilen sayımlar hesaplandı (Şekil 5).

Kırık odağı ve sağlam tibia üzerine dikdörtgen "Region of interest " (ROI)'ler çizildi. Bu ROI'lerden piksel başına düşen sayımlar (piksel/sayım) hesaplandı. Kırık hattı üzerine çizilen ROI' deki sayımın (L), sağlam tibiada çizilen ROI'deki sayıma (K) oranlanarak (L/K) oranı elde edildi. Ortaya çıkan değerler her tavşan için ayrı ayrı, gruplar olarak ve bir bütün olarak bilgisayar desteğinde hazırlanan grafiklerde irdelendi (Şekil 6, 7).

Kırık bölgesi ortalama 9 (min. 5, max.13) kontrole tabi tutularak, konsolidasyon boyunca değişik zamanlarda relatif kan akımı ve kırık iyileşmesindeki osteoblastik aktivasyon invivo olarak ölçülmüştür. Aynı zamanda periyodik radyolojik değerlendirmeler yapılarak kırık iyileşmesi ile kallus evreleri arasındaki



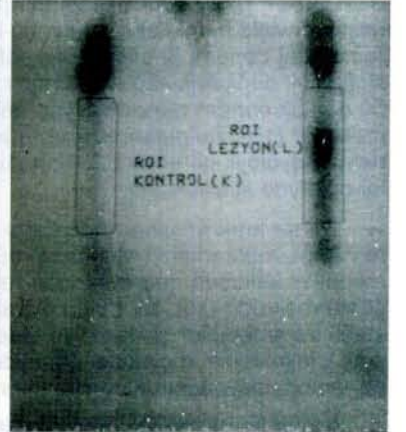
Şekil 2: Elastik stabil osteosentez modelinin 30. günde röntgenografik görüntüsü (Grup 2)



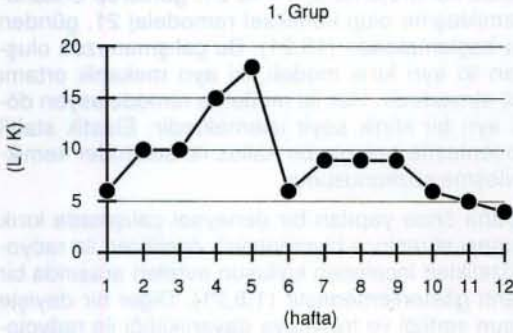
Şekil 3: Rigid osteosentez modelinin 35.günde sintigrafik görüntüsü (Grup 1)



Şekil 4: Elastik stabil osteosentez modelinin 35.günde sintigrafik görüntüsü (Grup 2)



Şekil 5: İlgili alanlarının (ROI) hesaplanma sırasında kullanılan simetrik karşılaştırma



Şekil 6

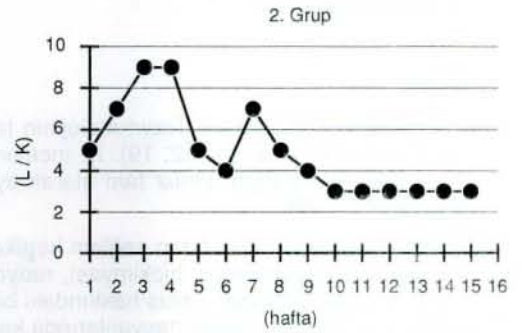
ilişki izlenmiştir. Toplam çalışma süresi 9 grup tavşanda 13 ay olmuştur. Çalışma sürecinde ilk 3 ayda 15 tavşan değişik nedenlerle kaybedilmiştir. 4 ay yaşatılabilen 8 tavşanda son değerlendirmeler yapılarak çalışma sonlandırılmıştır.

Bu çalışma, şu 4 soruyu yanıtlamak için planlanmıştır. 1. Kallus oluşumu sintigrafik olarak izlenebilir mi? Belli kallus dönemlerine özgü sintigrafik değişiklikler oluyor mu? 2. İki farklı (rijid ile fleksibl) intramedüller çivileme kallus oluşumunu sintigrafik değişiklikler açısından nasıl etkilemektedir? 3. Sintigrafik bir tetkik ile kemikleşme zamanı saptanabilir mi? 4. İntramedüller çivileme kırık iyileşmesi esnasında tüm kemikte bir dolaşım artışı gösteriyor mu?

Sonuçlar

Değişik aşamalarda yara yeri enfeksiyonu ile 5, akciğer enfeksiyonu ile 2 tavşan ve diğer nedenlerle de 8 tavşan çalışma dışı bırakılmıştır. Değerlendirmeye alınan tavşanlarda en az 5 sintigrafik çalışma gerçekleştirilebilmiştir.

Modellerde öngörülen primer ve sekonder kemik iyileşme modelleri radyolojik olarak doğrulanmıştır. Kemik boyu, kallusun çapı ve kortikal süreklilik ile remodelasyon izlenmiştir. Radyolojik bulgular olarak, primer kırık iyileşmesi grubunda postoperatif 4. haftada beliren minimal köprüleşme tipi kallus daha sonraki dönemlerde oldukça yavaş bir gelişme gösterdi.



Şekil 7

Olguların yedisinde (%33) 6. haftadan sonra çok hafif bir subperiosteal dış kallus oluştu. Postoperatif 2. ayda kırık çizgisinin kaybolma eğiliminde olduğu, trabekülasyonun süreklilik kazandığı belirlendi. Sekonder kırık iyileşmesi grubunda ise postoperatif 3. haftada supsubperiosteal kallus belirginleşmeye başladı. Kallus gelişimi 4 ile 6. haftada durdu. Kırık odağında ki trabeküler süreklilik 8 ile 10. haftalarda gözlemlendi.

Sintigrafik bulgular; Birinci grupta, 5. günde ortalama (L/K) oran 7 iken artarak 30. günde 18 değeri ile pik yaptı. Daha sonra 37. güne doğru, 7.5 değerine keskin bir eğri şeklinde düşüş gösterdi. 37. günden 55. güne doğru hafif yükselen bir plato ile 9 değerine çıkarıldı. daha sonra 3.5 ayın sonuna kadar hafif bir düşüş eğrisi ile 4.5, 4. ayın sonunda 3.5 değerinde belirgin bir düz çizgi izlendi (Şekil 6).

İkinci grupta, postoperatif 5. günde ortalama (L/K) oranı 5 iken 21. günde ortalama 9 değerinde pik yaparak, 35. günlere doğru belirgin bir düşüş ile yine 5 değerine ulaşmıştır. Daha sonra devam eden düşüş 60. güne doğru 3.75 değerine ulaşmış, 4. aya kadar uzun bir süreçte düz bir çizgi olarak devamlılık göstermiştir (Şekil 7). Tüm çalışma boyunca, her iki gruptaki tavşanlarda büyüme kırıkdağlarında daha belirgin olmak üzere her iki diz ve ayak bileğinde yoğun aktivite tutuluğu dikkat çekmiştir.

Her iki grubun ortak sintigrafik değerlendirmesinden alınan sonuçlar, histolojik dönemler ile karşılaştırıldığında; Grup A'da 29 ile 35. günler arasında Grup

B'de ise 21 ile 29 günler arasında pik olmaktadır. Bir başka deyişle her iki grup arasında kırık iyileşmesinin remodelaj dönemi öncesi erken safhalarına özgü bir sintigrafik değişiklik saptanmamıştır. Kırık sonrası 25-50 günlük dönem remodelasyon dönemi olarak bilinmektedir (15). Bulgularımıza göre remodelasyon dönemi radyolojik görünümünden daha uzun süre moleküler düzeyde sürmektedir.

Primer kırık iyileşmesinde daha uzun süreli aktivite varlığı, muhtemelen McKibbin'in üzerinde durduğu, medüller kallusun geç dönemde reorganizasyonunu göstermektedir (15). Bir bütün olarak bulgular, elastik stabil intramedüller çivileme ile elde edilen sekonder kırık iyileşmesinin moleküler düzeyde daha kısa sürede remodelasyonunu tamamladığını göstermektedir.

Ayrıca her iki grupta intramedüller çivileme uygulanan tibianın diğer taraf tibiasına göre daha fazla kanlanma göstermesi muhtemelen bozulan intramedüller dolaşıma bir yanıt olarak artan periostal kollateral dolaşımına bağlanabilir.

Tartışma

Kırık iyileşmesi, Ortopedi ve Travmatolojinin temel konularında biridir (4, 8, 11, 12, 19). İyi incelenmiş bir konu olmasına karşın henüz tam olarak aydınlatılmamıştır (21, 23).

Nitelikleri ve nicelikleri açısından sağlam koştikal kemiğin yapısı, fiziksel özellikleri, biokimyası, radyolojisi çok iyi tanınmasına karşın kallus hakkındaki bilgilerimiz daha kısıtlıdır (2). Deney hayvanlarında kallus çok kez radyolojik, histolojik veya biyomekanik özellikleri açısından değerlendirilmiştir (3, 26). Bu yöntemler kallusun dinamiği açısından güvenli bilgiler vermemektedir.

Kesin olarak iyileşme derecesini yargılayabileceğimiz hiçbir tanı yöntemi yoktur (1, 12). Kallus oluşumu ve miktarı hakkında radyolojik olarak bilgi edinilebilirse de bundan iyileşme evresi hakkında güvenilir bir sonuç çıkarılamaz. Klinik olarak hem rijid hem de elastik intramedüller çivilemeyi karşılaştırma açısından üniform kıyaslanabilir büyük serilerin olmasına karşın en önemli sorun, muhtemelen varolan bilgilerin toplanmasından ve değerlendirilmesinden kaynaklanmaktadır.

Kırık iyileşmesinde kırık odağının "rijid" ya da "elastik" tespitinin kallus oluşumuna etkisi çok iyi aydınlatılan bir konu değildir (1, 8, 13). Değişik yerleşimli kemiklerde, farklı yaş gruplarında, aynı kemiğin değişik yerleşimli kırıklarında, ya da kırık çizgisinin durumu ya da kırığı oluşturan gücün şiddetine göre değişiklikler ile karşılaşmakta öte yandan tespit edilen odaktaki olması gereken ideal rijidite ile elastite dereceleri tartışılmaktadır (1, 8, 9, 24).

Ancak, hayvan deneylerinde mümkün olduğunca uniform kırıklı denekte farklı intramedüller çivileme yöntemlerinin kallus oluşumuna etkisi radyoaktif maddelerin kullanıldığı sintigrafik yöntemle ile in vivo olarak belirlenebilirdi. Intramedüller çivileme tavşan tibiasında en çok çalışılan deney modellerinden birini oluşturmaktadır (7, 19, 20, 25, 26). Kırık iyileşmesinin

de kanlanmanın dolayısı ile iyi oksijenlenmenin gerek kırık iyileşmesi gerekse kemikleşme hızı, kırık dokunun kemik dokusuna dönüşümü üzerine etkileri iyi bilinmektedir (4, 15, 21). O nedenle sintigrafisi ile izlenen dolaylı olarak kanlanmayı gösteren bulgular kırık iyileşmesi hakkında oldukça iyi bilgiler edinmemizi sağlayabilecektir.

Çalışmamızda kırık iyileşmesi süresinde konsolidasyon boyunca ve operasyon sonrası 4. aya kadar, tibiadaki bölgesel kan dolaşımını ve kırık iyileşmesini izlemek için Tc 99m MDP ile Kuantitatif sintigrafik yöntemi kullanılmıştır. Kırık bölgesindeki iyileşme yaklaşık 9 (min. 5, mak. 13) kontrola tabi tutulmuştur. Konsolidasyon boyunca değişik zamanlarda, relatif kan dolaşımı ve osteoblastik aktivite, in vivo olarak ölçülmüştür. Kırık iyileşme devreleri kırık kemiği etkileyen mekanik etkiler altında farklı biyolojik ve radyolojik görünümlere yolaçarlar. Tavşan deney modeline özgü kırık iyileşmesinin histolojik dönemleri 5 ile 14 . günlerde kondrojenezis, 14 ile 21. günlerde endokondral kemikleşme olup kemiksel remodelaj 21. günden sonra başlamaktadır (15,21). Bu çalışmamızda oluşturulan iki ayrı kırık modeli, iki ayrı mekanik ortamı temsil etmektedir. Her iki modelde remodelasyon dönemi ayrı bir klinik seyir izlemektedir. Elastik stabil osteosentezde belirgin bir kallus ile sekonder kemiksel iyileşme sözkonusudur.

Daha önce yapılan bir deneysel çalışmada kırık iyileşmesi süresince biyomekanik özellikleri ile radyolojik özellikleri incelenen kallusun evreleri arasında bir bağlantı gösterilememiştir (1,8,21). Diğer bir deyişle kallusun sertliği ve travmaya dayanıklılığı ile radyolojik görünüm arasında bir ilişki yoktur. Bu şu açıdan çok önemli bir bilgidir, günümüzde kırık iyileşmesi yaygın olarak radyolojik değerlendirmeye göre yönlendirilmektedir. Yaptığımız in vivo çalışmada sintigrafik bulgular ile radyolojik bulgular arasında yine bir ilişki kurulmamıştır. Bu nokta klinik öneme sahiptir.

İster primer olsun isterse sekonder; farklı kallus oluşumları, kırık iyileşmesinin ilk dönemlerinde çok belirgin bir aktivite artışı göstermemelerine karşın remodelasyon döneminin başlangıcında her iki grupta da belirgin bir tutuluş saptanmıştır. Sekonder kırık iyileşmesi modelinde nükleer düzeyde remodelasyon daha hızlı olmakta; primer kırık iyileşmesi modelinde ise, daha uzun sürede daha yavaş bir seyir göstermektedir. Bu gözlem röntgenografik bulgular ile uyumlu değildir. Radyolojik olarak izlenen hacim nedeni ile sekonder kırık iyileşmesinde daha belirgin bir remodelasyon izlenebilmektedir. Daha önce yapılan bir deneysel çalışmada kıyaslanan rijid ve fleksibil çivileme modellerinde 16. haftada yapılan torsiyonel yüklenme testlerinde fleksibil intramedüller tespitinin daha üstün olduğu gösterilmiştir (25). Bu bulgular çalışmamızdaki bulgular ile uyumlu olup sintigrafinin kırık iyileşmesini değerlendirmede kullanılması açısından önem taşımaktadır. Aynı zamanda stabil elastik intramedüller çivileme ile elde edilen sekonder kırık iyileşmesi esnasında oluşan kallusun doğal kırık iyileşmesine yol açtığı hipotezi desteklenmektedir (10).

Kaynaklar

1. Aro, H.T., Edmund, Y. S., Chao, D.: Bone healing patters affected by loading, fracture fragments stability, fracture type, and fracture site compression. Clin Orthop 293:8-17, 1993.
2. Briot, B.: Rappel des particularités de la consolidation des fractures traitées par les méthodes orthopédiques. Rev Chir Orthop 1983, 69, 344-346.
3. Flecknell, P.A.: Anaesthesia of animals for biomedical research. Br J Anaesth 71:885-894, 1993.
4. Falkenberg, J.: An experimental study of the rate of fracture healing. Acta Orthop Scand 50: 1- 16, 1961.
5. Firica, A.: L'ostéosynthèse stable élastique. Rev Chir Orthop 2:82-92, 1981.
6. Fogelman, I., Collier, B.D.: Clinical indication for bone scanning. In An Atlas of planar and spect bone scans. pp 139-238, St Louis, C.V. Mosby 1989.
7. Goodman, S.B.: The basic science of intramedullary fixation of lower extremity fractures. Orthopaedics 3:233-238, 1994.
8. Goodship, A.E., Lanyon, L.E., Mc Fie, H.: Functional adaptation of bone to increased stress: An experimental study. J Bone Joint Surg 61 A:539-546, 1979.
9. Goodship, A.E., Kenwright, J.: The influence micromovement upon the healing of experimental tibial fractures. J Bone Joint Surg 67 B:650-657, 1985.
10. Grosse, A., Dagrenat, D.: Concept of dynamic fixation of fractures. The Booklet of International Symposium on Recent Advances in Locking Nails. Hong Kong 16-17, 1992.
11. Ilizarov, G.A.: The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues. Part I. The influence of stability of fixation and soft-tissue preservation. Clin Orthop 238:249-281, 1989.
12. Ilizarov, G.A.: Transosseous Osteosynthesis: Theoretical and clinical aspects of the regeneration and growth of tissue. Springer-Verlag, Berlin, 1992.
13. Kempf, I.: La fixation d'une fracture doit-elle être rigide ou élastique? Revue de Chirurgie Orthopedique et réparatrice de l'appareil moteur. Vol: 69 no:5, 1983.
14. Ligier, J.N.: Embrochage élastique stable. Principes de base. Orthop Traumatol 2:5-10, 1992.
15. McKibbin: The biology of fractures healing in long bones. J. Bone Joint Surg 60B:150-162, 1978.
16. Métaizeau, J.P.: Traitement des fractures diaphysaires de l'enfant par embrochage centro-médullaire élastique stable. 67-80.
17. Meyrueis, J.P.: Essai de définition théorique et pratique de la fixation rigide et de la fixation élastique. Rev. Chir. Orthop., 1983, 69, 338-339.
18. Molster, A.O., Gjerdet, N.R., Alho, A., Bang, G.: Fractures healing after rigid intramedullary nailing in rast. Acta Orthop. Scand 54:366-373, 1983.
19. Perren, S.M.: Physical and biological aspects of fracture healing with specific reference to internal fixation. Clin. Orthop 138:175-180, 1979.
20. Roach, H.I., Shearer, J.R., Archer, C.: The choice of an experimental model. J Bone Joint Surg 71B:549-553, 1989.
21. Simmons, D.J.: Fracture healing perspectives. Clin. Orthop 200:100-113, 1985.
22. Spitz, J., Lauser, I., Tittel, K., Weigand, H.: Scintimetric evaluation of remodeling after bone fractures in man. J Nucl Med 34:1403-1409, 1993.
23. Terjesen, T., Johnson, E.: Effect of fixation stiffness on fracture healing. External fixation of tibial osteotomy in the rabbit. Acta Orthop Scand 57:146-152, 1986.
24. Uhthoff, H.K., Finnegan, M.A.: L'influence du degré de la rigidité sur la mobilité interfragmentaire et is déformation osseuse. Rev Chir Orthop 1983, 69, 346-347.
25. Wang, G.J., Dunstan, J.C., Reger, S.I., Hubbard, S., Dillich, J., Stamp, W.G.: Experimental femoral fractures immobilized by Rigid and Flexible rods (a rabbit model). Clin Orthop 154:286-290, 1981.
26. Worlock, P., Slack, R., Harvey, L., Mawhinney, R.: The prevention of infection in open fractures: An experimental study of the effect of fractures stability. Injury 25:31-38, 1994.

Yazışma adresi:

Yard. Doç. Dr. Kemal Aktuğlu

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi

Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

Bornova, İzmir, Türkiye