



Dizde gizli kemik yaralanmaları

Bone bruises of the knee

Uğur GÖNÇ, Asım KAYAALP, Kaan IRGIT

Çankaya Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği

Gizli kemik yaralanmaları, manyetik rezonans görüntüleme teknikleri ile saptanabilen subkondral kemikteki mikrotrabeküler kırıklardır. Bu yaralanmalar izole olabileceği gibi genellikle diğer eklemiçi yumuşak doku yaralanmalarıyla beraber görülür. Gizli kemik yaralanmaları en sık ön çapraz bağ (ÖÇB) yırtığına eşlik eder ve lezyon tipik olarak lateral femoral kondilde ve lateral tibial platonun posteriorunda yer alır. Lezyonun yerleşimi, yaralanmanın mekanizması ve eşlik eden yumuşak doku yaralanmaları hakkında bilgi verebilir. Düşük enerjili travmalarla oluşan gizli kemik yaralanmaları genellikle kısa sürede geriler. Ön çapraz bağ yırtığı gibi yüksek enerjili travmalarla oluşan yaralanmalar ise daha uzun sürede iyileşir ve özellikle subkondral kemiğe yakın yerleşimli olanlar çeşitli osteokondral lezyonlarla birlikte görülebilir. Gizli kemik yaralanmalarının ÖÇB yırtığı sonrasında gelişen osteoartrit ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Bone bruises represent a spectrum of occult bone lesions around the knee, which can only be detected by magnetic resonance imaging. These lesions can be isolated or are usually associated with other soft tissue injuries of the knee. These occult lesions are mostly associated with anterior cruciate ligament (ACL) injuries and are typically located in the lateral femoral condyle and the posterolateral tibial plateau. The location of the lesion may provide information on the mechanism of injury and associated soft tissue injuries. Bone bruises are less severe after low-energy trauma and most of these lesions usually regress within a short period. However, in lesions due to high-energy trauma like ACL injuries, healing may take years and those especially located close to the subchondral bone have the risk of associated osteochondral sequelae. Bone bruises may be responsible for the late degenerative changes of the knee after an ACL injury.

Diz travmaları, yumuşak doku lezyonlarından başka trabeküler kemikte de yaralanmaya neden olabilir. Bu tip yaralanmalar genellikle direkt grafilerde tespit edilemez, çünkü yaralanma medulla ile sınırlıdır ve korteks sağlamdır. Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ise bu gizli yaralanmaların teşhis edilmesinde çok etkili bir yöntemdir. Dizdeki gizli kemik yaralanmaları ilk olarak Yao ve Lee^[1] tarafından 1988 yılında tanımlanmıştır. Son on beş yıldır akut diz yaralanmalarında MRG'nin daha sıklıkla kullanılmaya başlanmasıyla bu tip gizli kemik yaralanmaları daha fazla ortaya çıkartılabilmektedir.^[2,3]

Kemik ezilmesi (bone bruise veya bone contusion) olarak adlandırılan bu gizli kemik yaralanmaları,

subkondral kemik iliğinde mikrotrabeküler kırıklar sonucu oluşan kanama, ödem ve enfarkt şeklindedir.^[4,5] Bu değişiklikler en iyi MRG ile değerlendirilebilir. Subkortikal kemik iliği normalde her yaşta yağ dokusu içerir. Bu nedenle T₁ ağırlıklı MRG'lerde yüksek, T₂ ağırlıklı MRG'lerde ise orta sinyal yoğunluğu gösterir. Gizli kemik yaralanması sonrasında oluşan kanama ve ödeme bağlı olarak medullada su miktarı artar. Bunun sonucunda tipik olarak T₁ ağırlıklı görüntülerde sinyal yoğunluğunda azalma, T₂ ağırlıklı görüntülerde ise sinyal yoğunluğunda artma gözlenir (Şekil 1).^[2,3] Özellikle T₂ ağırlıklı görüntüler lezyonun ne kadar akut olduğu hakkında bilgi verir. Daha detaylı bilgi için medulladaki normal yağ doku-

su sinyalinin baskılandığı STIR (short T_1 inversion recovery) görüntüleme tekniği veya diğer yağ saturasyon teknikleri de kullanılabilir. Bu tekniklerde yağ dokusu baskılandığı için, gizli kemik yaralanması ile sinyal yoğunluğu daha fazla artar.^[5,6]

Kemik iliği ödemi sendromları da MR ile teşhis edilen bir diğer patolojidir. Kemik iliği ödemi en sık kalça eklemi için tanımlanmıştır, ancak diz ekleminde de artan bir sıklıkta görülmektedir.^[7] Radyolojik görüntüleri gizli kemik yaralanmasından ayırt edilemeyen bu lezyonun farkı herhangi bir travma öyküsünün olmamasıdır. Son çalışmalar osteoartritli dizlerde, kemik iliği ödeminin ağrı ve hastalığın ilerlemesi ile ilişkili olduğunu göstermektedir.^[8,9]

Sınıflandırma

Literatürdeki sınıflandırmalar, gizli kemik yaralanmaları ile komşu kortekse veya osteokondral yüzeye ulaşan gizli kırıkları ayırt etmekte karışıklıklara yol açmaktadır.

Mink ve Deutsch,^[10] diz çevresindeki gizli kırıkları kemik ezilmesi, stres kırıkları, femoral ve tibial kırıklar ve osteokondral kırıklar olarak dörde ayırmışlardır. Kemik ezilmeleri, çizgisel olmayan jeografik lezyonlardır. Stres kırıkları, subkondral bölgede yer almayan çizgisel lezyonlardır ve daha kroniktir. Femoral veya tibial kırıklar ile osteokondral kırıklar ise eklem yüzeyine uzanan kırıklardır.

Lynch ve ark.^[11] gizli kemik yaralanmalarını üç grupta incelemişlerdir. Tip I lezyonlar metafiz veya epifizde bulunan yaygın, ağsı yapıdaki sinyal değişiklikleridir. Tip II lezyonlar tip I lezyonlara benzemekle birlikte kortekse kadar uzanırlar. Tip III lezyonlar hemen subkortikal bölgedeki sinyal değişiklikleridir.

Vellet ve ark.^[12] akut diz yaralanması olan 120 hastanın MRG'lerini inceleyerek gizli kırıkları ağsı, jeografik, çizgisel, impakt ve osteokondral kırıklar olarak sınıflandırmışlardır. Ağsı tip, çevreye doğru yayılan ancak korteks veya eklem yüzünden uzak lezyonlardır ve en sık görülen gizli kemik yaralanmasıdır. Jeografik tip, subkondral kemik ile devamlılığı olan, birleşen tarzda sinyal değişiklikleri gösteren hilal şeklindeki lezyonlardır. Bu tip periferinde ağsı yapı olup olmamasına göre ikiye ayrılır. Çizgisel tip, genişliği 2 mm'den az ağsı yayılım göstermeyen çizgi şeklindeki lezyonlardır. İmpakt ve osteokondral tiplerde ise eklem kırıkdağını ilgilendiren kırık mevcuttur.

Tüm bu sınıflandırmalar gizli yaralanmalar ile gizli kırıkları ayırt etmekte zorlandığı gibi, gizli kemik yaralanmasının altında yatan patolojinin anlaşılmasında da yeterli olmamaktadır. Ayrıca bu sınıflandırmaların prognostik önemi halen tartışmalıdır.

Yaralanma mekanizması ve yaygınlık

Gizli kemik yaralanması kemiğe direkt darbe gelmesi, kemiklerin birbirine çarpması veya traksiyon



Şekil 1. Lateral femoral kondilde gizli kemik yaralanması. (a) T_1 -ağırlıklı manyetik rezonans görüntüsünde sinyal yoğunluğunda azalma. (b) T_2 -ağırlıklı görüntüde sinyal yoğunluğunda artma.

kuvvetleri sonrası oluşabilir. Genellikle eklem içindeki diğer yumuşak doku yaralanmaları ile birlikte görülür ve yerleşimi yaralanmanın oluş mekanizması hakkında bilgi verir.

Sanders ve ark.^[13] gizli kemik yaralanmasına neden olan beş yaralanma mekanizması tanımlamış ve yerleşimine göre eşlik eden yumuşak doku lezyonları hakkında bilgi sahibi olunabileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışmaya göre ön çapraz bağ (ÖÇB) yırtığına neden olan pivot kayması tarzında yaralanmalar sırasında, dizin anteriora subluksasyonu ile lateral femoral kondil (LFK) lateral tibial platonun (LTP) posterolateraline çarpmakta ve LFK'nin orta kısmı ile LTP'nin posteriorunda gizli kemik yaralanması oluşmaktadır.

Fleksiyondaki dize posteriora doğru zorlayan bir kuvvetin uygulandığı "dashboard" yaralanmalarında genellikle arka çapraz bağ (AÇB) yırtılır. Bu mekanizmayla birlikte proksimal tibianın anteriorunda ve bazen patellanın posteriorunda gizli kemik yaralanması görülebilir.^[13,14]

Diz fleksiyondayken valgus stres oluşursa medial kollateral bağ (MKB) yırtılır. Bununla birlikte LFK'de direkt darbeye bağlı gizli kemik yaralanması oluşabilir.^[13,15] Lezyon nadiren de olsa MKB'nin traksiyonuna bağlı medial femoral kondilde görülebilir.

Hiperekstansiyon tipi yaralanmalar distal femur ve proksimal tibianın anteriorunda öpüşen tarzda

gizli kemik yaralanmasına neden olur. Bu yaralanmalardan sonra ÖÇB, AÇB yırtığı ve meniskal lezyonlar oluşabilir.

Lateral patella çıkıklarında ise gizli kemik yaralanması patellanın inferomedialinde ve LFK'nin anteriorunda oluşur.^[13,16]

Akut diz yaralanmalarından sonra Lynch ve ark.^[11] 434 hastanın %20'sinde, Terzidis ve ark.^[17] ise 255 hastanın %27.8'inde MRG ile gizli kemik yaralanması tespit etmiştir. Bu hastaların yaklaşık %77'sinde eşlik eden ÖÇB yırtığı bulunmuştur.^[11] Ön çapraz bağ yırtığı ile beraber görülen gizli kemik yaralanmaları birçok yayında incelenmiştir.^[18-24] Ön çapraz bağ yırtığı olan hastalarda gizli kemik yaralanması görülme sıklığı %70-80 olarak bildirilmektedir.

Ön çapraz bağ yaralanması ile beraber gizli kemik yaralanması en sık LFK ve LTP'de görülür (Şekil 2). Spindler ve ark.nın^[22] çalışmasında kemik yaralanmasının %86'sı LFK'de, %67'si LTP'de, %56'sı ise her ikisinde tespit edilmiştir. Kaplan ve ark.^[19] ise gizli kemik yaralanması olan hastalarının hepsinde LTP'de lezyon tespit etmiş, ayrıca radyolojik olarak ÖÇB lezyonu bulunmayan 200 hastadan LTP'de gizli kemik yaralanması görülen üçünde daha sonra artroskopi ile ÖÇB yırtığı tespit edildiğini belirtilmiş ve LTP'deki lezyonun ÖÇB yırtığı için patognomonik olduğu sonucuna varmışlardır. Ben-



Şekil 2. Ön çapraz bağ yırtığı sonrası (a) lateral femoral kondilde ve (b) lateral tibia plato posteriorunda görülen gizli kemik yaralanmaları.

zer şekilde McCauley ve ark.^[25] ÖÇB yırtığının belirlenmesinde LTP'deki gizli kemik yaralanmasının özgüllüğünü %97, duyarlılığını ise %50 olarak tespit etmişlerdir. Bu nedenle radyolojik olarak primer bulguların yeterli olmadığı durumlarda özellikle LTP'deki kemik yaralanmasının ÖÇB tanısında önemli olduğu düşünülmektedir.^[26]

Gizli kemik yaralanmasının varlığı parsiyel ÖÇB yırtıklarının ayırt edilmesi için de kullanılabilir. Murphy ve ark.^[20] tam yırtıklı hastalarının %90'ında kemik yaralanması gözlerken, parsiyel yırtıklarda bu oranı %17 olarak vermişlerdir. Zeiss ve ark.da^[27] gizli kemik yaralanması görülen parsiyel ÖÇB yırtıklı hastaların aslında yüksek enerjili bir travma geçirmiş olduklarını ve %80'inin altı ay içinde tam yığığa dönüştüklerini belirtmişlerdir.

Ön çapraz bağ yaralanması ile birlikte medial tibial plato posteriorunda da gizli kemik yaralanması görülebilir. Bu lezyonun ilk yaralanma sırasında diz redükte olurken oluştuğu düşünülmektedir ve hemen hemen tamamında periferik menisküs yırtığı görülmektedir.^[28] Medialdeki lezyonlar kayak yaralanmalarından sonra da fazlaca görülmektedir.^[29] Bunun yaralanma sırasındaki dizin fleksiyonu ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Miller ve ark.^[15] MKB yaralanması ile beraber LFK'de görülen gizli kemik yaralanma sıklığını %45 olarak bildirmişlerdir. Bu oranın, ÖÇB yaralanmasından sonra oluşan gizli kemik yaralanmalarından daha az olması yaralanmanın düşük enerjili olmasından dolayıdır. Bu lezyonlar 2-4 ayda tamamen iyileşmektedir.

Gizli kemik yaralanmaları, eşlik eden herhangi bir diz içi yumuşak doku lezyonu olmadan da görülebilir.^[30] Özellikle çocuk ve ergen yaş grubunda bağlar daha esnek olduğu için LFK ve LTP'deki gizli kemik yaralanmaları ÖÇB yırtığı olmadan da oluşabilmektedir. Bu oran Snearly ve ark.^[31] tarafından %28, Coursey ve ark.^[32] tarafından da %25 olarak bildirilmiştir.

Aynı tarafta travmatik kalça çıktığı olan hastaların dizlerinde de direkt darbeye bağlı gizli kemik yaralanması görülebilir.^[33]

Doğal seyir

Gizli kemik yaralanmalarından sonra lezyon zaman içerisinde gerilemektedir. Ancak bu gerileme-

nin ne kadar sürede olduğu konusunda fikir birliği yoktur. Graf ve ark.^[18] ÖÇB yırtığı olan hastaları incelemiş ve ilk altı haftada MR çekilenlerin %71'inde gizli kemik yaralanması görülürken, altı haftadan sonra MR çekilenlerde bu yaralanmanın görülmediğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Miller ve ark. da^[15] gizli kemik yaralanmalarının 6-12 haftada gerilediğini bildirmiştir. Ancak Miller ve ark.'nın^[15] olguları daha düşük enerjili yaralanma ile oluşan MKB yırtıklı hastalardır.

Son yıllardaki çalışmalar gizli kemik yaralanmalarının daha uzun sürede gerilediğini göstermektedir. Bretlau ve ark.^[34] hastalarının %12'sinde 12 ay sonra hala gizli kemik yaralanmasının görüldüğünü bildirmişlerdir. Roemer ve Bohndorf'da^[35] bu yaralanmaların gerilemesinin en az iki yıl sürdüğünü belirtmişlerdir.

Davies ve ark.nın^[36] çalışmasında hastaların %17'sinde 12-14 hafta sonra gizli kemik yaralanmasının miktarında %50'den az azalma görülmüştür. Bu çalışmada lezyondaki gerilemenin iki şekilde olduğu belirtilmiştir. Birincisi periferden (sentripedal), ikincisi ise eklem hatına doğru. Gerilemenin eklem hattına doğru olduğu olguların tamamında eşlik eden osteokondral bir lezyon izlenmiştir ve bu şekilde gerileme gösteren gizli kemik yaralanmalarının, osteokondral bir lezyonun varlığını gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Vellet ve ark.^[12] gizli kemik yaralanmalarının sınıflandırmasını yaptığı çalışmasında ağısı yapıdaki lezyonların hepsinin gerilediğini, jeografik tip olarak isimlendirdiği lezyonların üçte ikisinde ise osteokondral sekel görüldüğünü bildirmişlerdir. Benzer şekilde Faber ve ark.^[37] altı yıllık MR takip sonuçlarında jeografik kemik yaralanması olan hastaların %65'inde ÖÇB rekonstrüksiyonuna rağmen osteokondral sekel görüldüğünü bildirmişlerdir. Costa-Paz ve ark.da^[38] ilk yaralanma sırasında oluşan ciddi osteokondral lezyonların ÖÇB rekonstrüksiyonuna rağmen en az iki yıl devam ettiğini göstermişlerdir.

Sonuç olarak gizli kemik yaralanmasının gerilemesi ile ilgili bildirilen süreler oldukça değişkendir. Ancak subkondral bölgede yer alan jeografik kemik yaralanmaları ve osteokondral lezyonlar yaralanmadan yıllar sonra bile devam etmektedir. Bu durumun klinik olarak önemi ise tam olarak bilinmemektedir.

Klinik bulgular

Eşlik eden diğer eklem içi yumuşak doku lezyonları nedeniyle gizli kemik yaralanmalarına ait klinik bulguları ayırt etmek genellikle zordur. Ancak gizli kemik yaralanması olan hastalarda efüzyon miktarının ve süresinin daha fazla olduğu, ağrı skorlarının arttığı ve klinik düzelmenin (ağrısız yürüme, normal eklem hareket sınırı) uzadığı bildirilmiştir. Bu hastalarda rehabilitasyon sırasında da daha fazla sorunla karşılaşmaktadır.^[39] Vincken ve ark.^[40] gizli kemik yaralanması olan hastaların fonksiyonlarının daha kötü olduğunu, bu yaralanmaya eklem içi patolojilerin eşlik etmesi durumunda ise aktivite skorlarında daha fazla düşüş gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Gizli kemik yaralanmasına bağlı klinik bulgular genellikle altı ayda normale dönmektedir.^[30,40]

Travma sonrası diz eklemine artrit gelişmesinde birden fazla faktör etkilidir. Bunlar ilk travmaya bağlı hasar, menisküs yırtığı, diz instabilitesi gibi faktörlerdir. Ön çapraz bağ yırtığı sonrası geç dönemde dizde artrit geliştiği bilinmektedir. Bundan dizdeki instabilite ve eşlik eden menisküs yırtıkları sorumlu tutulmaktadır. Ancak Daniel ve ark.^[41] ÖÇB rekonstrüksiyonu yapılan hastalarda da önemli oranda osteoartrit geliştiğini bildirmiştir. Bu dejenerasyona gizli kemik yaralanmalarının neden olup olmadığı literatürde tartışılan bir konudur.

Gizli kemik yaralanmasının bulunduğu bölgede kırıkdağ hasarı olup olmadığına dair artroskopik bulgular çeşitlidir. Bazı yazarlar artroskopi sırasında osteokondral lezyona ait herhangi bir bulgu saptamamışlardır.^[12,18] Coen ve ark.^[42] jeografik tipte kemik yaralanmasının bulunduğu yerde, normal görünen kırıkdağda prob ile bir çukurlaşma tespit edilebileceğini bildirmişlerdir. Bazı yazarlar ise ÖÇB rekonstrüksiyonu sırasında kırıkdağda fibrilasyon, fissür veya gizli kondral kırık gibi kırıkdağ lezyonları tespit etmişlerdir.^[22,29,43]

Gizli kemik yaralanmasının oluşması sırasında kırıkdağın nasıl etkilendiği histolojik çalışmalarla gösterilmeye çalışılmıştır. Johnson ve ark.^[43] ÖÇB rekonstrüksiyonu sırasında jeografik kemik lezyonunun bulunduğu yerden alınan biyopsilerde kondrositlerde dejenerasyon veya nekroz, matriks proteoglikan düzeyinde azalma ve subkondral kemikte osteosit nekrozu saptamışlardır. Bu bulgular jeografik kemik lezyonunun bulunduğu yerde normal kırıkdağ dengelişiminin (homeostazisi) bozulduğunu göster-

mektedir. Fang ve ark.^[44] kırıkdağ ve subkondral kemikten alınan biyopsi materyallerine histolojik ve immün boyama analizleri uygulamış ve gizli kemik yaralanması olan hastalarda matriks proteoglikan düzeyinde azalma ve matriks protein yıkım ürünlerinde artma bulmuşlardır. Bu histolojik çalışmalar daha önce yapılan hayvan deneylerini desteklemektedir. Bu hayvan deneylerinde, eklem kırıkdağına uygulanan künt travmanın, eklem yüzünde herhangi bir bozulma olmaksızın kırıkdağın histolojik, biyokimyasal ve ultrayapısal özelliklerinde değişikliğe neden olduğu gösterilmiştir.^[45-47]

Sonuç olarak gizli kemik lezyonlarına neden olan yaralanmalardan sonra kırıkdağda dejenerasyon gelişmesi birden fazla faktöre bağlıdır. İlk travma suprafizyolojik eşiği aşarsa kırıkdağda ilerleyici hasara neden olabilir.^[2,3,46] Ayrıca subkondral kemikteki mikrotrabeküler kırık iyileşirken oluşan doku normal kemikten daha az esnek yapıda olursa kırıkdağın binen yükler artar ve zamanla dejenerasyon gelişir.^[2,3,21]

Tartışma

Gizli kemik yaralanmalarının doğal seyri konusu oldukça tartışmalıdır. Genellikle MKB yırtığı gibi düşük enerjili travmalardan sonra görülen gizli kemik yaralanmaları kısa sürede gerilemektedir.^[15] Medial kollateral bağ yırtığı olan hastalar veya izole gizli kemik yaralanmaları için klinik bulgular düzeleneye kadar yük vermeyi kısıtlamak yeterli olmaktadır.^[15,30]

Ön çapraz bağ yırtığına neden olan yüksek enerjili travmalardan sonra görülen gizli kemik yaralanmalarında ise durum farklıdır. Özellikle subkondral kemiğe yakın olan jeografik tipteki gizli kemik yaralanmaları radyolojik olarak uzun yıllar sebat etmekte ve genellikle bu hastalarda çeşitli osteokondral lezyonlar (kırıkdağda incelleme, subkortikal skleroz, osteokondral defekt gibi) görülebilmektedir.^[12,37,38] Ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu yapılan hastalarda da osteoartrit gelişebilmesi gizli kemik yaralanmalarının bu dejenerasyondan sorumlu olabileceğini düşündürmüştür. Kırıkdağdaki dejenerasyonun nedeni künt travmanın kırıkdağda verdiği hasar^[2,3,46] veya subkondral kemiğin daha az esnek bir doku ile iyileşmesine bağlı kırıkdağın binen yüklerin artması olabilir.^[2,3,21]

Gizli kemik yaralanması bulunan ÖÇB yırtıklı hastaların ağrı, efüzyon gibi klinik bulgularının daha

fazla olduğu,^[39] aktivite skorlarında daha fazla düşüş görüldüğü^[40] bilinmektedir. Bu hastalarda rehabilitasyon sırasında da daha fazla sorunla karşılaşılabilir. Bu nedenle erken ÖÇB rekonstrüksiyonu önerilmemektedir.^[39] Ayrıca rekonstrüksiyon sonrası tam yük vermeyi geciktirmek, subkondral kemikte daha fazla çökmeyi önlemek açısından faydalı olabilir.

Sonuç olarak gizli kemik yaralanmalarının doğal seyrini ve patofizyolojisini açıklamak ve osteoartrit ile ilişkisini ortaya koymak için uzun dönem takipli çalışmalara ihtiyaç vardır.

Kaynaklar

1. Yao L, Lee JK. Occult intraosseous fracture: detection with MR imaging. *Radiology* 1988;167:749-51.
2. Mandalia V, Fogg AJ, Chari R, Murray J, Beale A, Henson JH. Bone bruising of the knee. *Clin Radiol* 2005;60:627-36.
3. Nakamae A, Engebretsen L, Bahr R, Krosshaug T, Ochi M. Natural history of bone bruises after acute knee injury: clinical outcome and histopathological findings. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006;14:1252-8.
4. Rangger C, Kathrein A, Freund MC, Klestil T, Kreczy A. Bone bruise of the knee: histology and cryosections in 5 cases. *Acta Orthop Scand* 1998;69:291-4.
5. Ryu KN, Jin W, Ko YT, Yoon Y, Oh JH, Park YK, et al. Bone bruises: MR characteristics and histological correlation in the young pig. *Clin Imaging* 2000;24:371-80.
6. Kapelov SR, Teresi LM, Bradley WG, Bucciarelli NR, Murakami DM, Mullin WJ, et al. Bone contusions of the knee: increased lesion detection with fast spin-echo MR imaging with spectroscopic fat saturation. *Radiology* 1993;189:901-4.
7. Papadopoulos ECh, Papagelopoulos PJ, Kaseta M, Themistocleous GS, Korres DS. Bone marrow edema syndrome of the knee: a case report and review of the literature. *Knee* 2003;10:295-302.
8. Felson DT, Chaisson CE, Hill CL, Totterman SM, Gale ME, Skinner KM, et al. The association of bone marrow lesions with pain in knee osteoarthritis. *Ann Intern Med* 2001;134:541-9.
9. Felson DT, McLaughlin S, Goggins J, LaValley MP, Gale ME, Totterman S, et al. Bone marrow edema and its relation to progression of knee osteoarthritis. *Ann Intern Med* 2003;139:330-6.
10. Mink JH, Deutsch AL. Occult cartilage and bone injuries of the knee: detection, classification, and assessment with MR imaging. *Radiology* 1989;170:823-9.
11. Lynch TC, Crues JV 3rd, Morgan FW, Sheehan WE, Harter LP, Ryu R. Bone abnormalities of the knee: prevalence and significance at MR imaging. *Radiology* 1989;171:761-6.
12. Vellet AD, Marks PH, Fowler PJ, Munro TG. Occult post-traumatic osteochondral lesions of the knee: prevalence, classification, and short-term sequelae evaluated with MR imaging. *Radiology* 1991;178:271-6.
13. Sanders TG, Medynski MA, Feller JF, Lawhorn KW. Bone contusion patterns of the knee at MR imaging: footprint of the mechanism of injury. *Radiographics* 2000;20 Spec No: 135-51.
14. Mair SD, Schlegel TF, Gill TJ, Hawkins RJ, Steadman JR. Incidence and location of bone bruises after acute posterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med* 2004;32:1681-7.
15. Miller MD, Osborne JR, Gordon WT, Hinkin DT, Brinker MR. The natural history of bone bruises. A prospective study of magnetic resonance imaging-detected trabecular microfractures in patients with isolated medial collateral ligament injuries. *Am J Sports Med* 1998;26:15-9.
16. Virolainen H, Visuri T, Kuusela T. Acute dislocation of the patella: MR findings. *Radiology* 1993;189:243-6.
17. Terzidis IP, Christodoulou AG, Ploumis AL, Metsovitis SR, Koimtzis M, Givissis P. The appearance of kissing contusion in the acutely injured knee in the athletes. *Br J Sports Med* 2004;38:592-6.
18. Graf BK, Cook DA, De Smet AA, Keene JS. "Bone bruises" on magnetic resonance imaging evaluation of anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med* 1993;21:220-3.
19. Kaplan PA, Walker CW, Kilcoyne RF, Brown DE, Tusek D, Dussault RG. Occult fracture patterns of the knee associated with anterior cruciate ligament tears: assessment with MR imaging. *Radiology* 1992;183:835-8.
20. Murphy BJ, Smith RL, Uribe JW, Janecki CJ, Hechtman KS, Mangasarian RA. Bone signal abnormalities in the posterolateral tibia and lateral femoral condyle in complete tears of the anterior cruciate ligament: a specific sign? *Radiology* 1992;182:221-4.
21. Rosen MA, Jackson DW, Berger PE. Occult osseous lesions documented by magnetic resonance imaging associated with anterior cruciate ligament ruptures. *Arthroscopy* 1991;7:45-51.
22. Spindler KP, Schils JP, Bergfeld JA, Andrish JT, Weiker GG, Anderson TE, et al. Prospective study of osseous, articular, and meniscal lesions in recent anterior cruciate ligament tears by magnetic resonance imaging and arthroscopy. *Am J Sports Med* 1993;21:551-7.
23. Tung GA, Davis LM, Wiggins ME, Fadale PD. Tears of the anterior cruciate ligament: primary and secondary signs at MR imaging. *Radiology* 1993;188:661-7.
24. Speer KP, Spritzer CE, Bassett FH 3rd, Feagin JA Jr, Garrett WE Jr. Osseous injury associated with acute tears of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 1992;20:382-9.
25. McCauley TR, Moses M, Kier R, Lynch JK, Barton JW, Jokl P. MR diagnosis of tears of anterior cruciate ligament of the knee: importance of ancillary findings. *AJR Am J Roentgenol* 1994;162:115-9.
26. Brandser EA, Riley MA, Berbaum KS, el-Khoury GY, Bennett DL. MR imaging of anterior cruciate ligament injury: independent value of primary and secondary signs. *AJR Am J Roentgenol* 1996;167:121-6.
27. Zeiss J, Paley K, Murray K, Saddemi SR. Comparison of bone contusion seen by MRI in partial and complete tears of the anterior cruciate ligament. *J Comput Assist Tomogr* 1995;19:773-6.
28. Kaplan PA, Gehl RH, Dussault RG, Anderson MW, Diduch DR. Bone contusions of the posterior lip of the medial tibial plateau (contrecoup injury) and associated internal derangements of the knee at MR imaging. *Radiology* 1999;211:747-53.
29. Speer KP, Warren RF, Wickiewicz TL, Horowitz L, Henderson L. Observations on the injury mechanism of anterior cruciate ligament tears in skiers. *Am J Sports Med* 1995;23:77-81.
30. Wright RW, Phaneuf MA, Limbird TJ, Spindler KP. Clinical outcome of isolated subcortical trabecular fractures (bone bruise) detected on magnetic resonance imaging in knees. *Am J Sports Med* 2000;28:663-7.
31. Sneathly WN, Kaplan PA, Dussault RG. Lateral-compartment bone contusions in adolescents with intact anterior cruciate

- ligaments. *Radiology* 1996;198:205-8.
32. Coursey RL Jr, Jones EA, Chaljub G, Bertolino PD, Cano O, Swischuk LE. Prospective analysis of uncomplicated bone bruises in the pediatric knee. *Emerg Radiol* 2006;12:266-71.
 33. Schmidt GL, Sciulli R, Altman GT. Knee injury in patients experiencing a high-energy traumatic ipsilateral hip dislocation. *J Bone Joint Surg [Am]* 2005;87:1200-4.
 34. Bretlau T, Tuxoe J, Larsen L, Jorgensen U, Thomsen HS, Lausten GS. Bone bruise in the acutely injured knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2002;10:96-101.
 35. Roemer FW, Bohndorf K. Long-term osseous sequelae after acute trauma of the knee joint evaluated by MRI. *Skeletal Radiol* 2002;31:615-23.
 36. Davies NH, Niall D, King LJ, Lavelle J, Healy JC. Magnetic resonance imaging of bone bruising in the acutely injured knee-short-term outcome. *Clin Radiol* 2004;59:439-45.
 37. Faber KJ, Dill JR, Amendola A, Thain L, Spouge A, Fowler PJ. Occult osteochondral lesions after anterior cruciate ligament rupture. Six-year magnetic resonance imaging follow-up study. *Am J Sports Med* 1999;27:489-94.
 38. Costa-Paz M, Muscolo DL, Ayerza M, Makino A, Aponte-Tinao L. Magnetic resonance imaging follow-up study of bone bruises associated with anterior cruciate ligament ruptures. *Arthroscopy* 2001;17:445-9.
 39. Johnson DL, Bealle DP, Brand JC Jr, Nyland J, Caborn DN. The effect of a geographic lateral bone bruise on knee inflammation after acute anterior cruciate ligament rupture. *Am J Sports Med* 2000;28:152-5.
 40. Vincken PW, Ter Braak BP, van Erkel AR, Coerkamp EG, Mallens WM, Bloem JL. Clinical consequences of bone bruise around the knee. *Eur Radiol* 2006;16:97-107.
 41. Daniel DM, Stone ML, Dobson BE, Fithian DC, Rossman DJ, Kaufman KR. Fate of the ACL-injured patient. A prospective outcome study. *Am J Sports Med* 1994;22:632-44.
 42. Coen MJ, Caborn DN, Johnson DL. The dimpling phenomenon: articular cartilage injury overlying an occult osteochondral lesion at the time of anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 1996;12:502-5.
 43. Johnson DL, Urban WP Jr, Caborn DN, Vanarthos WJ, Carlson CS. Articular cartilage changes seen with magnetic resonance imaging-detected bone bruises associated with acute anterior cruciate ligament rupture. *Am J Sports Med* 1998;26:409-14.
 44. Fang C, Johnson D, Leslie MP, Carlson CS, Robbins M, Di Cesare PE. Tissue distribution and measurement of cartilage oligomeric matrix protein in patients with magnetic resonance imaging-detected bone bruises after acute anterior cruciate ligament tears. *J Orthop Res* 2001;19:634-41.
 45. Donohue JM, Buss D, Oegema TR Jr, Thompson RC Jr. The effects of indirect blunt trauma on adult canine articular cartilage. *J Bone Joint Surg [Am]* 1983;65:948-57.
 46. Mankin HJ. The response of articular cartilage to mechanical injury. *J Bone Joint Surg [Am]* 1982;64:460-6.
 47. Thompson RC Jr, Oegema TR Jr, Lewis JL, Wallace L. Osteoarthrotic changes after acute transarticular load. An animal model. *J Bone Joint Surg [Am]* 1991;73:990-1001.