



## Kıkırdak yaralanmalarının tedavisinde kemik iliği uyarım yöntemleri

### Bone marrow stimulation techniques in the treatment of cartilage injuries

Cengiz Yılmaz

Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Mersin

Subkondral kemik bütünlüğündeki bozulma, kanama ve defekt alanının fibrin pıhtıyla dolması ile sonuçlanır. Mezenkimal kök hücreler pıhtı içine göç ederek burada çoğalır ve morfolojik olarak kondrositlere farklılaşırlar. Genellikle altı-sekiz hafta içinde kemik defektinde kemik, kıkırdak defektinde ise fibröz kıkırdak oluşur. Subkondral kemiğin bütünlüğünün bozulması ve yeni kıkırdak oluşumunun uyarılması için artroskopik olarak abrazyon, delme ya da mikrokırık gibi kemik iliği uyarım yöntemleri kullanılabilir. Endikasyonları odaksal ve sağlam kıkırdak ile çevrelenmiş yaralanmalardır. Fibröz kıkırdak gerilmeye karşı dirençli fakat baskıya karşı hyalin kıkırdak kadar dayanıklı değildir. Mikrokırık uygulanan hastalarda en fazla iyileşme ilk yıl içinde gelişmekte ve maksimum gelişme iki-üç yıl içinde görülmektedir.

Anahtar sözcükler: Delme; kemik iliği uyarım yöntemleri; kıkırdak yaralanmaları; kondral; drilleme; mikrokırık; osteokondral; tedavi.

Disruption of the subchondral bone continuity results in bleeding and filling of the defect volume with fibrin clot. Mesenchymal stem cells migrate into the clot, proliferate, and differentiate morphologically into chondrocytes. Usually within six to eight weeks bone is formed within bony defect and fibrous cartilage is formed within chondral defect. Bone marrow stimulation techniques like abrasion, drilling or microfracture are used arthroscopically to disrupt the subchondral plate and provoke chondral formation. They are indicated in focal defects and defects contained in intact cartilage. Fibrous cartilage is resistant to tension but not as durable to compression as hyaline cartilage is. Patients treated with microfracture improve most during the first year and maximal improvement is seen in two to three years.

Key words: Abrasion; bone marrow stimulation techniques; cartilage injuries; chondral; drilling; microfracture; osteochondral; treatment.

Tam kalınlık kıkırdak yaralanmalarının kendiliğinden iyileşme ihtimali olduğu bilinse de deneyisel çalışmalar bunun ancak %10-20 oranında gerçekleştiğini ve genç deneklerle sınırlı kaldığını göstermiştir.<sup>[1]</sup> Kıkırdak kayıplarında subkondral kemik bütünlüğünün bozulması, kanama ve defekt alanının fibrin pıhtı ile dolması ile sonuçlanır. Bu aşamada, aşırı yüklenme olmadığı takdirde, mezenkimal kök hücreler pıhtı içine göç ederek burada çoğalır ve morfolojik olarak kondrositlere farklılaşır.<sup>[2]</sup> Genellikle altı-sekiz hafta içinde defektin kemik bölgesinde kemik, kıkırdak bölgesinde ise fibröz kıkırdak oluşur.<sup>[3-5]</sup> Subkondral kemiğin bütünlüğünün bozulması ve yeni kıkırdak

oluşumunun uyarılması için artroskopik olarak abrazyon, delme (drilleme) ya da mikrokırık gibi kemik iliği uyarım yöntemleri (KİUY) kullanılabilir.

### ENDİKASYONLAR

Mikrokırık yöntemi tanımlandığında, endikasyon olarak, evre IV odaksal ve dejeneratif kıkırdak yaralanmaları belirlenmiştir.<sup>[6]</sup> Son yıllarda bu endikasyonlar odaksal ve sağlam kıkırdak ile çevrelenmiş (kapsanmış) yaralanmalar olarak değişim göstermiştir.<sup>[7]</sup> Kemik iliğini uyarıcı yöntemleri ile kıkırdak elde edebilmek için tedavi uygulanan alanın yüklenmeden korunması gereklidir. Erken dönemde oluşan fibrin pıhtı

mekanik olarak dayanıklı bir doku değildir. Yüklenme ile hızla bozunur. Fibrin pıhtının oluşabilmesi için de tutunabileceği sağlam kıkırdak kenarlara ihtiyacı vardır. Fibrin pıhtı oluşamaz ya da tutunamazsa kemik iliğinden göç ederek iyileşme sağlayacak kök hücrelerin yerleşebileceği bir ortam olmaz (Şekil 1). Kemik iliği uyarım yöntemlerinin endikasyonları aktif hastalarda femoral kondillerin, troklea ya da patellanın, semptomatik, odaksal, yüksek evre kondral yaralanmaları ve tesadüfen rastlanan kıkırdak defektleri olarak özetlenebilir.<sup>[8]</sup>

Kıkırdak defektinin nedeni dejeneratif eklem hastalığı olsa dahi KİUY'nin başarılı olması için defektin odaksal tarzda olması ön şarttır.<sup>[7]</sup> Kemik iliği uyarım yöntemleri birçok klinikte farklı boyutlardaki lezyonlara uygulanmaktadır. Lezyon çapı için uygulanabilecek üst sınır, 4 cm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir.<sup>[8]</sup> Buna rağmen birçok yazar KİUY'nin ancak 2 cm<sup>2</sup>'nin altındaki lezyonlara uygun bir tedavi yöntemi olduğunu düşünmektedir.<sup>[9]</sup> Talus için üst sınır çapı 1.5 cm olarak belirlenmiştir.<sup>[10]</sup>

Kemik iliği uyarım yöntemlerinin başarılı olabilmesi için dejeneratif hastalığı olmayan bir eklem ve sağlıklı kök hücreler gereklidir. Bu nedenlerle 45 yaş üstündeki hastalarda başarı şansı düşüktür.<sup>[8]</sup> Bazı yazarlar tarafından 35 yaş üzeri de kötü sonuç göstergesi olarak kabul edilmiştir.<sup>[6]</sup> Varus dizilim bozukluğu olan dizlerde tedavi uygulanan bölgeye yüklenme fazla olmaktadır. Kıkırdak oluşumunun gerçekleşebilmesi için aşırı yüklenmenin giderilmesi gerekir. Bu nedenle KİUY ile birlikte medialden açılma tipi yüksek tibial osteotomi yapılması, başarı şansını artırır.<sup>[11]</sup> Genç ve sporla uğraşan hastalarda defekt küçük olsa dahi daha kaliteli kıkırdak elde edilecek yöntemler önerilmektedir.<sup>[12]</sup>

*Kemik iliği uyarım yöntemleri için kesin kontraendikasyonlar:*<sup>[6-8,13]</sup>

- Yaygın dejeneratif eklem değişiklikleri
- Ameliyat sonrası rehabilitasyon programına uyum sağlayamayacak hasta
- Kapsanmamış, çevrelenmemiş defektler
- Kısmi kalınlık kıkırdak lezyonları
- Subkondral kemik kaybı
- Femoral kondil defekleri için 5 dereceden fazla aksiyel dizilim bozukluğu (cerrahi düzeltme gerektirir)
- Patellofemoral lezyonlar için patellar instabilite ya da dizilim bozukluğu
- İleri düzey bağ instabilitesi (10 mm'den fazla kayma için cerrahi rekonstrüksiyon gerekir)

- Tümör
- Enfeksiyon
- Enflamatuvar artropati
- Sistemik kıkırdak hastalıkları

*Kemik iliği uyarım yöntemleri için göreceli kontraendikasyonlar:*<sup>[7,8]</sup>

- 12 aydan uzun süredir var olan semptomlar
- Vücut kütle indeksi >30
- Menisküs eksikliği
- Orta derece dejeneratif eklem hastalığı
- Dört cm<sup>2</sup>'den büyük defekt
- Altmışın üzerinde yaş
- Eklem karşılıklı kıkırdak lezyonları (bipolar lezyonlar)

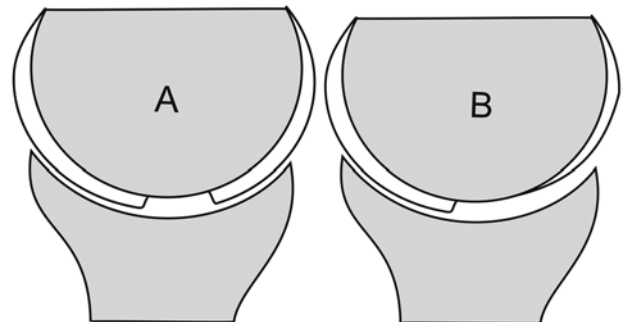
Talusun kıkırdak yaralanmalarında uygulanan KİUY'nin başarısını obezite, 40 yaş üstünde olma ve tedavi öncesi var olan osteoartritik değişiklikler kötü yönde etkilemiştir.<sup>[14]</sup>

## ABRAZYON ARTROPLASTİSİ

Abrazyon artroplastisi, KİUY'nin ilk tanımlamasıdır. Günümüzde kullanım alanı kalmamıştır. Topuz uçlu bir burr ya da shaver yardımıyla gerçekleştirilebilir. Kanayan kemiğe, yani 2-3 mm derinliğe kadar subkondral kemiğin sklerotik kısmı traşlanır.<sup>[15]</sup>

## DELME (DRİLLEME)

Delme yöntemi Pridie tarafından 1959 yılında tanımlanmıştır.<sup>[16]</sup> Bu yöntemde 1.2-1.5 mm kalınlığında bir Kirschner teli (K-teli) ile defekt tabanına debridman sonrası 2 mm aralıklı 1 cm derinliğinde delikler açılmaktadır.<sup>[17]</sup> Retrograd ya da antegrad yapılabilir. Retrograd delme için ön çapraz bağ rekonstrüksiyon setinin rehberi kullanılabilir.<sup>[18]</sup> Delme yöntemi ilk tanımlandığı yıllarda artrotomi ile yapıldığından



**Şekil 1. (a)** Kapsanmış, sağlam kıkırdak ile çevrili defekt, **(b)** kapsanmamış defekt.

hastaların %50'sinde eklem sertliği ile sonuçlanmış-  
tır.<sup>[6]</sup> Ancak günümüzde artroskopik yapıldığından  
komplikasyon ihtimali çok düşüktür. Bir grup yazar  
1999 yılında delme yapılan defektin üzerini otojen  
periost grefti ile kapatarak daha kaliteli bir kıkırdak  
dokusu elde etmiştir.<sup>[19]</sup> Ancak delme işlemi motorlu  
cihazla yapıldığından, işlem sırasında meydana gelen  
ısı, kemik iliği hücrelerine zarar verebilmektedir.<sup>[8]</sup>

Pridie delme tedavisi sonuçları, sadece debridman  
yapılan hastaların sonuçları ile karşılaştırıldığında;  
ilk iki yılda anlamlı semptomatik düzelme sağlarken,  
daha sonraki yıllarda iki grupta da benzer radyolojik  
bozulmalar gözlenmektedir.<sup>[20]</sup>

Dizde delme yöntemi, yerini mikrokırığa bırakmış-  
tır ancak talusun kıkırdak yaralanmalarında defekt  
bölgesine ulaşım zorluğu nedeniyle osteotomi yap-  
maksızın mikrokirik uygulamak her zaman müm-  
kün olmamaktadır. Böyle durumlarda küçük defekt-  
lerin tedavisinde delme işlemi uygulanabilmektedir.  
Özellikle posteromedial defektlerin tedavisinde trans-  
malleoler delme işlemi önerilmektedir. Bu yöntemde  
1.2 mm kalınlığındaki bir K-teli medial malleol ucunun  
3 cm proksimalinden malleol delinerek geçirilir ve  
defekt alanına 2 mm aralıklı 1 cm derinliğinde delikler  
açılır.<sup>[17]</sup> Transmalleoler delme işleminde sağlam kıkır-  
dak da (malleol üzerindeki kıkırdak) delinmektedir.  
Bundan kaçınmak için retrograd transtalar delme  
öneren yazarlar da vardır.<sup>[17]</sup> Retrograd delme için ön  
çapraz bağ rekonstrüksiyon setinin tel rehberi kullanılabilir.  
Üç boyutlu navigasyon sistemi kullanılması da  
seçenek olarak tanımlanmıştır.<sup>[21]</sup>

## MİKROKIRIK

Mikrokirik yöntemi 1997 yılında Steadman ve  
ark.<sup>[22]</sup> tarafından tanımlanmıştır. Kolay uygulanabil-  
mesi, ucuz olması, ek hazırlık gerektirmemesi ve diğer  
girişimlerin ileri uygulamalarını engellememesi nede-  
niyle kısa zamanda geniş kullanım alanı bulmuştur.<sup>[23]</sup>  
Temelde delme yöntemi ile aynı olmakla birlikte ısı  
üretmediğinden çevredeki hücrelere zarar vermez.<sup>[24]</sup>  
Mikrokirik başarısız olsa dahi daha ileri tedaviler engel-  
lenmez, yani mikrokirik geri dönüşümsüz değildir.<sup>[23]</sup>  
Dizin yanında talusta, omuzda ve hatta asetabulumda  
başarılı mikrokirik girişimleri bildirilmiştir.<sup>[13,25]</sup>

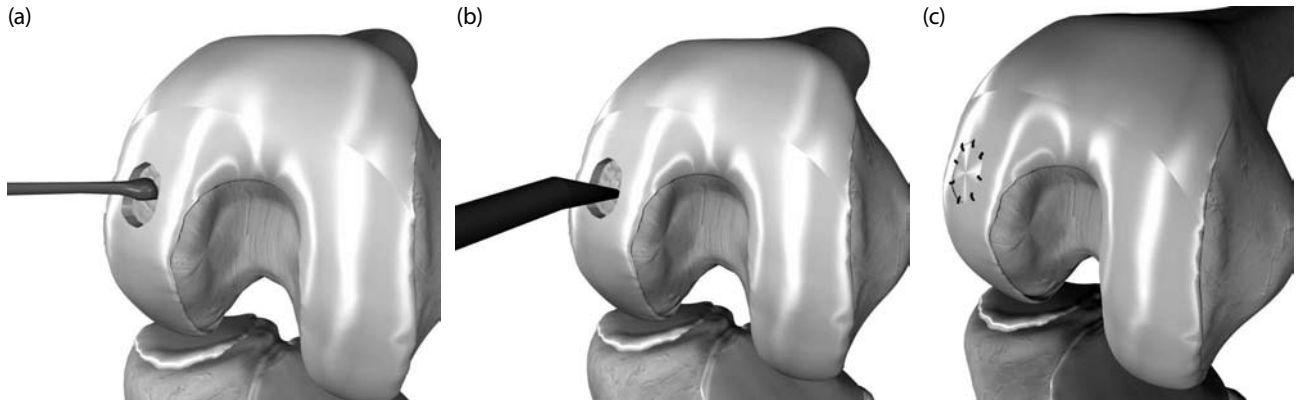
Mikrokirik artroskopik olarak gerçekleştirilir.  
Steadman'ın tanımladığı orijinal teknikte üç portal kul-  
lanılmakla birlikte iki portalden de rahatlıkla gerçek-  
leştirilebilmektedir.<sup>[23]</sup> Artroskopi portalleri defektin  
yerleşimine göre belirlenmelidir. Femoral kondillerin  
orta kısımları için standart anteromedial ve anterola-  
teral portaller uygun olurken, posteriyor defektler için  
daha inferiyor portaller, patellofemoral defektler için

ise superolateral portal önerilmektedir.<sup>[8]</sup> Patellanın  
defektlerinde artroskopik olarak işlemi gerçekleştiri-  
mek güç olabilir. Bu durumlarda mini-artrotomi yar-  
dımıcı olabilir.<sup>[8]</sup>

Kıkırdak yaralanması olan bölge üzerinde kalan  
kıkırdak, iyileşme dokusunun oluşumunu engelleyici  
özellığe sahiptir. Bu nedenle her türlü onarım girişi-  
minden önce debride edilmesi gereklidir.<sup>[26]</sup> Yöntemin  
başarı şansını artırabilmek için sağlam kıkırdağın  
defekt etrafında subkondral kemiğe dik açılı bir çer-  
çeve oluşturacak şekilde hazırlanması gereklidir. Bu  
şekilde bir hazırlık iyileşme dokusunu basıdan ve  
makaslama kuvvetlerinden korunurken fibrin pıhtının  
tutunmasına uygun ortam hazırlamaktadır.<sup>[9]</sup>

Kalsifiye kıkırdak tabakasının kaldırılması, oluşan  
yeni kıkırdağın subkondral kemiğe daha iyi tutunma-  
sını sağlar.<sup>[27]</sup> Buna karşın kalsifiye kıkırdak tabakasının  
korunmasının, hiyaline daha yakın kıkırdak oluşmasını  
sağladığı savunulmuştur.<sup>[28]</sup> Defektin debridmanı  
motorize shaver ile yapılabilir. Kalsifiye kıkırdağın  
kaldırılması için küret kullanılması, dokunma hissinden  
yararlanarak subkondral kemiğin bütünlüğünün  
korunması açısından, akıllıca olacaktır. Subkondral  
kemiğin aşırı tıraşlanması kemik hipertrofisi ile sonuç-  
lanabilmektedir. Olguların %25-49'unda rastlanan bu  
fenomen, oluşan yeni kıkırdağın beklenenden ince  
olmasına neden olmaktadır.<sup>[8]</sup>

Mikrokirik uygulanacak bölgede kalan kıkırdak  
artıkları küret ve shaver yardımı ile uzaklaştırılır. Defekt  
çevresindeki gevşek ve kemiğe sağlam bağlı olmayan  
kıkırdak da dik kenarlar edinilecek şekilde eksize edilir  
(Şekil 2a). Bu işlemler sırasında subkondral kemiğe  
zarar vermemeye özen gösterilir. Kalan kalsifiye kıkır-  
dak tabakası da küretle kaldırılır. Defekt kenarlarından  
başlayarak, sağlam kıkırdağa yakın bölgede kıkırdağın  
hemen yanına mikrokirik bizi ile subkondral kemiğe  
dik olacak şekilde delikler açılır. Mikrokirik bizim  
konik şekilde olması sayesinde girilen derinlik kontrol  
edilebilmekte ve cihazı delikten çıkartmak kolay  
olabilmektedir.<sup>[8]</sup> Mikrokirik bizi, defekte dik olarak  
uygulanmalıdır. Bunu sağlamak amacıyla 30, 45 ve  
90 derece eğimli bizler vardır (Şekil 2b).<sup>[8]</sup> Mikrokirik  
oluşturma işlemi sırasında çekiç kullanılır ve deliklerin  
birbirlerine mümkün olduğu kadar yakın olması sağ-  
lanır. Çevreden başlayarak defekt ortasına doğru iler-  
lenir. Delikler 3-4 mm aralıklarla açılır ve aralarındaki  
duvarın kırılarak birleşmesinden kaçınılır. Deliklerin  
birleşmesi subkondral kemik plağının biyomekanik  
desteğini bozabilir.<sup>[8]</sup> Yetersiz delik yoğunluğu, oluş-  
acak olan kıkırdağın kalitesini ve defekti doldurma mik-  
tarını etkiler.<sup>[8]</sup> Derinlikleri 3-4 mm olmalıdır.<sup>[6]</sup> Açılan  
deliklerden yağ damlacıklarının çıktığı gözlemlendiğinde



**Şekil 2.** Mikrokırık tekniği. (a) Defektin debridmanı, (b) mikrokırık işlemi, (c) periost ile kapatma.

yani 3-4 mm inildiğinde yeterli derinliğe ulaşılmış demektir.<sup>[29]</sup> Turnikesiz girişim yapılmasının, işlem tamamlandıktan sonra sıvı basıncını azaltılarak deliklerden yağ damlacıkları ve kan sızdığını görüntüleme avantajı olabilir.<sup>[23]</sup> Ya da işlem sonunda turnike indirilir ve her delikten kan sızdığı doğrulanır. Eklemden çıkmadan önce defekt alanının eklemin karşı tarafıyla temas ettiği hareket aralığı kaydedilir. Bu bilginin rehabilitasyon sırasında faydası olacaktır.<sup>[8]</sup> Mikrokırık sonrası dren kullanılmaması önerilmektedir.<sup>[8]</sup>

Mikrokırık ile birlikte menisküs girişi yapılacaksa önce menisküs tedavisi sonra mikrokırık yapılır. Birlikte bağ rekonstrüksiyonu yapılacaksa mikrokırık önce, rekonstrüksiyon sonra yapılır. Bağların eksikliği nedeniyle oluşan gevşeklikten faydalanılarak mikrokırık bölgesi daha iyi görüntülenebilir.<sup>[8]</sup>

### MİKROKIRIK VE PERİOST GREFTİ

Defekt çevresi tam dik olmayan ya da tam kapsanmayan olgularda bir matriks kullanmanın fibrin pıhtısının tutunmasına yardımcı olacağı savunulmuştur.<sup>[9]</sup> Bu nedenle bir grup yazar mikrokırık sonrası defekt üzerine periost grefti kapatmışlardır. Mikrokırık üzeri periost grefti kapatma yöntemi, sadece periost grefti kapama yöntemi ile karşılaştırıldığında; mikrokırıkla birlikte yapılan girişimlerde daha kalın kıkırdak elde edildiği görülmektedir.<sup>[30]</sup> Periost ile kapatma defekt sahasında iyileşme dokusunu korur. Bunun yanında periost bir hücre kaynağıdır. Periostun kendi bünyesinde de mezenkimal kök hücreler vardır. Defektin tavanındaki periost hücrelerin ve büyüme faktörlerinin tutunacağı bir çatı da oluşturur.<sup>[25,31]</sup> Periostun değiştirici büyüme faktörü beta (Transforming growth factor beta; TGF- $\beta$ ), insülin benzeri büyüme faktörü 1 (Insulin like growth factor 1; IGF 1), büyüme farklılaşma faktörü 5, kemik morfojenik protein (Bone morphogenetic protein 2; BMP2) ve integrinler gibi kondrojenez sırasında rolü olan büyüme faktörleri sentezlediği de bilinmektedir.<sup>[31]</sup>

Mikrokırık ve periost grefti yapmak için medial artrotomi yoluyla eklem girilir.<sup>[15]</sup> Defekt debride edilerek mikrokırık yapılır. Defekt üzerine steril eldiven kağıdı ya da alüminyum folyo yerleştirilerek debridman sonrası şekli alınır. Kenarlar kesilerek bir şablon çıkarılır. Periost grefti defektten 1-2 mm daha büyük olmalıdır. Greft, tibia proksimal anteromedialinden, pes anserinus önünden alınabilir. Şablon periost üzerine yerleştirilir, çevresinden bistüri ile kesilir ve periost elevatör ile kaldırılır.<sup>[15]</sup> Periostun kambium tabakası defekte bakacak şekilde kıkırdağın üzerine kapatılır. Her 2-3 mm'ye bir dikiş gelecek şekilde 4/0 - 6/0 emilebilen dikiş ile sağlam kıkırdağa dikilir (Şekil 2c).<sup>[15]</sup> Dikiş kenarları fibrin yapıştırıcı ile mühürlenir.<sup>[25]</sup> Periost greftinin etrafı fibrin yapıştırıcı ile mühürlenirse de benzer sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir.<sup>[15]</sup> Defektin bir kısmı tam kapsamıyorsa ya da kıkırdağa dikmek mümkün olmuyorsa, fibrin yapıştırıcıya ek olarak dikiş çıparı kemiğe yerleştirilir ve bu çıparının yardımıyla periost dikilebilir.<sup>[19]</sup>

### MİKROKIRIK VE MATRİKS

Mikrokırık sonrası periost ile kapatma yanında farklı matriksler ile de aynı yöntem denenmiştir. Matriksler kök hücrelerin defekt içerisinde tutulmalarını sağlayarak eklem içine kayıplarını önlemektedir.<sup>[9]</sup> Matriks uygulaması ile sonuçların daha iyi olduğu görülmüştür.<sup>[9]</sup> Ayrıca bu yöntem olog kondrosit implantasyon (Autologous chondrocyte implantation; ACI) ya da matriks rehberli olog kondrosit implantasyonunun (Matrix-induced autologous chondrocyte implant; MACI) aksine tek seansta ve artroskopik olarak uygulanabilmektedir. Bu yöntem sayesinde 2 cm<sup>2</sup>'den büyük defektlere de mikrokırık uygulanabilmektedir.<sup>[9]</sup> Matriks ile kapatma ayrıca iyileşme dokusunun hipertrofini de engellemektedir.<sup>[9]</sup> Bu avantajları nedeniyle matriks ile kapatma, MACI girişimlerine seçenek olarak dahi önerilmektedir.<sup>[9]</sup> Ancak bir başka çalışmada

kondrosit ekilmemiş kollajen matriksin mikrokırık üzerine kapatılmasının ek bir avantaj sağlamadığı deneysel olarak gösterilmiştir.<sup>[32]</sup>

Matriks olarak sodyum hyaluronan kaplı eriyebilen polimer keçe (Chondrotissue; Biotissue Tech, Freiburg, Almanya), tip I ve III çift katmanlı kollajen membran (Chondrogide; Geistlich Pharma, Wolhusen, İsviçre) ya da chitosan-glisero1 fosfat implantlar kullanılmıştır.<sup>[9,26,33]</sup> Hyaluronan'ın mezenkimal kök hücrelerinin kondrosite farklılaşmaları üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu bildirilmiştir.<sup>[9]</sup> Tip I/III kollajen membranın mikrokırık üzerine kapatılması yöntemine AMIC (Autologous matrix induced chondrogenesis) ismi verilmiş ve özellikle patellar lezyonlarda ve başka bir nedenle ACI yapılamayan olgularda önerilmiştir.<sup>[34]</sup> Deneysel çalışmalarda mikrokırık ile karşılaştırıldığında, chitosan-glisero1 fosfat-kan implantının, iyileşme dokusunda daha fazla tip II kollajen ve daha fazla proteoglikan içeriği sağladığı gösterilmiştir. Bu da hiyaline daha yakın bir kıkırdak olarak yorumlanmıştır.<sup>[26]</sup>

### MACUN GREFT

Geniş kıkırdak defekti olan osteoartrit dizlerde uygulanabilecek bir yöntem de macun greftlemedir. Bu yöntemde interkondiler çentikten alınan osteokondral greft macun haline getirilene kadar ezilmekte ve mikrokırık deliklerinin içerisine ve defekt tabanına sürülmektedir. Bu macun greftin, kemik iliği mezenkimal kök hücrelere matriks oluşturarak, fibröz kıkırdak ile iyileşme sağladığı bildirilmiştir. Başka bir grup araştırmacı ise bu yöntemin oluşan iyileşme dokusunun hiyalin içeriğini artırdığını bildirmiştir.<sup>[35]</sup> On iki yıllık takip sonunda bu yöntemle tedavi edilen ve osteoartrite bağlı kıkırdak defekti olan hastaların çoğunda iyileşmenin devam ettiği belirlenmiştir.<sup>[36]</sup>

Macun greftleme artroskopik olarak gerçekleştirilebilir. Özellikle büyük defektlerin tedavisi için önerilmiştir. Mezenkimal kök hücrelerin çoğalması ve farklılaşmasını uyarmak için üç boyutlu otojen kıkırdak ile bir matriks oluşturmak amaçlanır. Bunun için interkondiler çentikten alınan osteokondral greftler ezilerek macun haline getirilir ve subkondral kemikte açılan mikrokırık deliklerine doldurulur. Tüm defektten ziyade sadece deliklerin doldurulması amaçlanır. Tedavi edilen defekt alanı ortalama 29 cm<sup>2</sup> (2-140 cm<sup>2</sup>)'dir. Defekt debride edilir. Subkondral kemiğe mikrokırık bizi ile delikler açılır. Interkondiler çentik sınırından 8 mm çapında trefin ile 1.5 cm derinliğinde osteokondral greftler alınır. Ezilerek macun kıvamına getirilir (hem kıkırdak hem kemikten oluşur). Bu macun deliklere doldurularak bastırılır. İki yıllık takiplerde bu yöntem ile hastaların %82'sinde ağrıda rahatla-

ma sağlanmıştı. Beş-12 yıllık takiplerde ise hastaların %94'ünün fayda gördüğü bildirilmiştir. Rejenere dokunun kalınlığı ortalama 2.3 mm (0.3-5.24 mm)'dir. Oluşan dokunun %38'i fibröz kıkırdak, %28'i hiyalin kıkırdaktır. Bu yöntem dejeneratif kondral lezyonlarda artroplastiyi ertelemek için önerilmektedir.<sup>[36]</sup>

### AMELİYAT SONRASI DÖNEM

Ameliyattan sonraki dönemde ağrının kontrolü için kriyoterapi, yani soğuk uygulama önerilmektedir.<sup>[8]</sup> Sürekli pasif hareket (Continuous passive motion; CPM) kıkırdak oluşumu ve mezenkimal kök hücrelerin kondrosite farklılaşmalarında pozitif etkiye sahiptir.<sup>[8]</sup> İyileşme dokusundaki hiyalin kıkırdak oranını artırdığı gibi kıkırdak oluşumunun daha hızlı ve daha fazla miktarda gerçekleşmesini sağlamaktadır.<sup>[37]</sup> Ancak bunlara rağmen Marder ve ark.<sup>[12]</sup> karşıt görüş bildirerek, CPM kullanımı ya da yük taşımaksızın izin verilen mobilizasyonun, sonuçlarda bir fark yaratmadığını öne sürmüşlerdir.

Ameliyat sonrası hemen CPM'ye başlanır. Önce 30-70 dereceler arası başlayarak tam hareket elde edene kadar hasta tolere ettikçe 10-20 derece artırılır. Hareket frekansı genellikle dakikada bir devir olarak ayarlanır. Ancak hasta tolere edebiliyorsa frekans artırılabilir. Yirmi dört saatte en az altı-sekiz saat kullanım önerilmektedir. Sürekli pasif hareket cihazına ulaşım sorunu olduğu takdirde günde üç defa 500 tekrarlı pasif fleksiyon egzersiz programı uygulanabilmektedir.<sup>[6]</sup>

Yük vermeye ameliyattan altı-sekiz hafta sonra başlanabilir. Bazı yazarlar ise altıncı haftada iyileşme dokusunun henüz olgunlaşmadığı ve yaralanmaya açık olduğu, 12. haftaya kadar korumak gerektiğini bildirmişlerdir.<sup>[38]</sup> Kuvvetlendirme egzersizlerine ilk sekiz hafta içerisinde sınırlı olarak başlanır. İkinci haftadan sonra bisiklet ve su egzersizleri uygulanabilir. Sekizinci haftadan sonra zorlu aktif hareketler verilir. Dirence karşı bisiklet egzersizi en önemli rehabilitasyon aracıdır. Onaltıncı haftadan sonra artan ağırlık egzersizlerine başlanır. Ameliyattan dört-altı ay sonra hasta spora dönebilmektedir.<sup>[6]</sup> Kıkırdak defekti iyi sınırlanmış ve çevresi defekt içini koruyacak şekilde yüksek ve sağlam kıkırdak ile çevrili ise yük verme sırasında iyileşme dokusu korunabilir. Ancak daha büyük ve çevre kıkırdak tarafından korunamayacak defektlerin cerrahisi sonrası yük vermemek daha akılcı olacaktır.<sup>[12]</sup>

Patellofemoral defektlerde rehabilitasyon programı farklıdır. Sürekli pasif hareket yine hemen başlanır ancak 0-20 derece fleksiyon arasında kilitli atel uygulanır ve en az sekiz hafta devam edilir.

Yük vermeden mobilizasyon sadece bir-iki hafta kadar sürer ve sonrasında tam yük verilebilir.<sup>[6]</sup> Bazı klinik uygulamalarda ise yük vermeyi geciktirerek birinci-sekizinci haftalar arasında kısmi yük verilmiş ve sonrasında hasta tam bastırılmıştır.<sup>[23]</sup>

Talusun kıkırdak yaralanmalarının cerrahi tedavisi sonrasında eğer eşlik eden bir bağ yaralanması yoksa, erken dönemde aktif hareket aralığı egzersizleri başlanmasına, altıncı haftada tam yük vererek mobilizasyona, üçüncü ayda düşük hızda koşmaya ve altıncı ayda spora dönüşe izin verilmektedir.<sup>[17]</sup>

## TEDAVİ SONUÇLARI

### Histolojik

Abrazyon artroplastisi sonrası dokuların sadece %2'sinde sağlıklı kıkırdağa rastlanmaktadır. Histolojik yöntem fibröz kıkırdak oluşumu sağlar ama hiçbir hastada düzgün bir eklem yüzeyi ya da devam eden klinik iyileşme görülmemiştir.<sup>[39,40]</sup> Bu yöntem günümüzde yerini mikrokırığa bırakmıştır.

Mikrokırık yöntemini tanımlayan Steadman ve ark.<sup>[6]</sup> tarafından iyileşme sonucu oluşan dokunun hibrid; yani hiyalin ile karışık fibröz kıkırdak olduğu savunulmaktadır. Bu çalışmaya göre iyileşme dokusu %70 oranında tip II kollajen içermektedir.<sup>[6]</sup> Ancak benzer çalışmalar farklı sonuçlar bildirmiştir. Mikrokırık sonrası gelişen iyileşme dokusu hem tip I hem de tip II kollajen içermektedir.<sup>[23]</sup> Bu doku fibröz kıkırdaktır. Fibröz kıkırdak gerilmeye karşı dirençli olmakla birlikte basıya karşı hiyalin kıkırdak kadar dayanıklı değildir.<sup>[41]</sup> Erken dönemde oluşan hiyalin kıkırdağın sekizinci aydan sonra fibröz kıkırdağa dönüştüğü deneysel olarak gösterilmiştir.<sup>[42]</sup> Daha kötümser bir çalışmaya göre mikrokırık sonrası defektlerin %20'sinde hiç histolojik iyileşme görülmezken, %51'inde sadece fibröz doku saptanmıştır.<sup>[43]</sup> Cerrahi tedavi sonrası altı hafta içerisinde osteokondral iyileşme dokusunun oluştuğu bilinmektedir. Ancak remodelasyon bunu takip eden aylar hatta yıllar boyunca devam etmektedir.<sup>[5,44]</sup> Fibröz kıkırdağın zaman içerisinde dejenere olup osteoartrit ile sonuçlanma ihtimali vardır.<sup>[17]</sup> Nitekim, oluşan iyileşme dokusunun 18. aydan başlayarak bozulduğu gösterilmiştir.<sup>[5,45]</sup> Mikrokırık yöntemi ile elde edilen iyileşme dokusu diğer yöntemlerin aksine çevre kıkırdak ve subkondral kemik ile iyi bütünleşme sağlamaktadır.<sup>[46]</sup> Ancak mikrokırık sonrası oluşan kıkırdağın çevre kıkırdağa yapışmadığı ve erken dönemde bozulduğunu savunan yazarlar da vardır.<sup>[26]</sup> İyileşme dokusunun hipertrofisi %10 oranında görülmektedir.<sup>[47]</sup> Periost grefti kapatma ile elde edilen kıkırdak doku ender alanlarda hiyalin olmakla beraber aslen yine de fibröz kıkırdaktır.<sup>[48]</sup>

### Klinik

Kemik iliği uyarım yöntemleri kıkırdak yaralanması ya da osteoartriti olan hastaların çoğunda rahatlama sağlayabilmektedir.<sup>[5]</sup> Ancak bu rahatlama zamanla %47 oranında başarısızlığa uğramaktadır.<sup>[5]</sup> Bir grup yazar da bu tekniklerin sağladığı semptomatik rahatlama plasebo ya da debridman ve yıkamanın etkisine bağlamışlardır.<sup>[49,50]</sup> Buna karşın sporcuların izole kıkırdak yaralanmalarında bu yöntemler ile yaklaşık 11 haftada spora dönebildiklerini gösteren çalışma da vardır.<sup>[51]</sup> Kemik iliği uyarım yöntemleri eklem dejenerasyonunun ilerlemesini durdurmaz.<sup>[52]</sup> Bu tekniklerin osteoartroza bağlı kıkırdak yaralanmalarının tedavisinde kullanılması konusunda dikkatli davranılması önerilmektedir. Beklenen yararın elde edilememesinin yanında bu grup hastalarda tedaviye bağlı yakınmaların artabileceği konusunda bildiriler vardır.<sup>[5,53]</sup> Özellikle artrotomi sonrası hareket kısıtlılığı ve ender olarak da artrofibrozis gelişebilmektedir.<sup>[15]</sup>

Patellofemoral eklem yerleşimli defektlerde seçilen tedavi hangisi olursa olsun makaslama kuvvetlerinin yoğunluğu nedeniyle başarısızlık şansı daha yüksektir. Erken dönemde elde edilebilecek olan iyileşme dokusunun bir süre sonra bozulduğu gözlenmiştir.<sup>[54]</sup> Talusun kıkırdak yaralanmaları üzerinde yapılan bir çalışmada da benzer büyüklükteki defektlerin kondroplastisi, mikrokırık ya da mozaikplastisi ile tedavilerinin sonuç üzerinde anlamlı fark yaratmadığı savunulmuştur.<sup>[55]</sup>

Abrazyon artroplastisi sonrası radyolojik olarak eklem aralığında artış gözlenebilmektedir. Bu artış osteoartritli hastaların yaklaşık %50'sinde iki yıl sonra dahi devam edebilmekle birlikte radyolojik iyileşme, klinik ile ilişkili bulunmamıştır.<sup>[53,56]</sup> Abrazyon ile %51 oranında tatminkar sonuç alan yazarlar yakınmaları artırma ihtimali olduğu konusunda da uyarılmışlardır. Patellar kıkırdak yaralanmalarında diz skorunda artış sağlanmış ancak ağrıda azalma olmamıştır. Buna karşın periost grefti ek olarak ağrıda azalma da sağlanmaktadır.<sup>[15]</sup> Literatürde başarısız sonuçlara sıkça rastlanmaktadır.<sup>[57]</sup> Bir grup araştırmacı abrazyonun sadece debridmandan bir farkı olmadığını söylemiştir.<sup>[28,56]</sup> Abrazyon artroplastisinin, 1 cm'den büyük defektlerin tedavisinde kullanılması 1994 yılından itibaren önerilmemektedir.<sup>[52]</sup> Diğer bir seçenek olan delme yöntemi ile elde edilen tatminkar sonuçlar beş yıl kadar devam etmekte, sonrasında ise düşüşe geçmektedir.<sup>[58]</sup>

Mikrokırık uygulanan hastalarda en fazla iyileşme ilk yıl içerisinde gelişmekte ve iki-üç yıl içerisinde maksimuma ulaşmaktadır.<sup>[6]</sup> Ameliyattan sonra üçüncü

yılda hastaların %75'inde ağrıda iyileşme, %68'inde işlevsel iyileşme devam eder.<sup>[23]</sup> Yedi-17 yıl arası takip edilen hastaların %95'inde tatminkar sonuç bildirilmiştir.<sup>[59]</sup> Glenoid ve humerus başının odaksal kırık-dak yaralanmalarında mikrokırık ile %81 oranında iyi sonuç alınmıştır.<sup>[7]</sup> Her ne kadar fibröz kırık-dak oluşmuş olsa da, klinik olarak hasta memnuniyetini belirtse de bazı olguların MR incelemelerinde kemik iliği ödemi görülmeye devam edebilmektedir.<sup>[25]</sup>

Mikrokırık tedavisinin başarısı yaşa bağlıdır. Kırk yaş üzeri hastalarda ameliyattan 18 ay sonra yeni oluşan kırık-dakta bozulma başlamaktadır.<sup>[54]</sup> Buna rağmen tek kompartman osteoartriti olan dizlerde yapılan bir çalışmada mikrokırık ile eklem aralığında radyolojik olarak görülebilen artış ve ağrıda azalma saptanmıştır. Bu çalışmaya 60 yaşına kadar olan hastalar da dahil edilmiştir.<sup>[28]</sup> Talusun kondral yaralanmalarında ise 74 yaşındaki hastaya dahi mikrokırık uygulanmış, tatminkar sonuç alınmış ve yaşın belirleyici bir faktör olmadığı savunulmuştur.<sup>[60]</sup>

Sporcularda görülen kırık-dak yaralanmalarının tedavisinde mikrokırık yöntemini uygulayan yazarlar, kısa dönemde iyi sonuç ve yüksek spora dönüş oranı elde ettiklerini bildirmişlerse de uzun dönemde; bu hastaların sporu bıraktığını tespit ederek sporcularda bu yöntemin kesin tedavi olarak uygulanmasından kaçınılması gerektiğini savunmuşlardır.<sup>[23]</sup> Son zamanlarda mikrokırık ile tedavi edilen NBA (National Basketball Association) oyuncularını konu alan bir çalışmada, mikrokırık sonrası oyuncuların %21'inin spora geri dönemediği, dönenlerin ise performansında belirgin düşüş saptandığı bildirilmiştir.<sup>[61]</sup>

## KAYNAKLAR

- O'Driscoll SW, Keeley FW, Salter RB. The chondrogenic potential of free autogenous periosteal grafts for biological resurfacing of major full-thickness defects in joint surfaces under the influence of continuous passive motion. An experimental investigation in the rabbit. *J Bone Joint Surg [Am]* 1986;68:1017-35.
- Shapiro F, Koide S, Glimcher MJ. Cell origin and differentiation in the repair of full-thickness defects of articular cartilage. *J Bone Joint Surg [Am]* 1993;75:532-53.
- Johnson LL. Arthroscopic abrasion arthroplasty historical and pathologic perspective: present status. *Arthroscopy* 1986;2:54-69.
- Buckwalter JA, Lohmander S. Operative treatment of osteoarthritis. Current practice and future development. *J Bone Joint Surg [Am]* 1994;76:1405-18.
- Buckwalter JA. Articular cartilage injuries. *Clin Orthop Relat Res* 2002;402:21-37.
- Steadman JR, Rodkey WG, Rodrigo JJ. Microfracture: surgical technique and rehabilitation to treat chondral defects. *Clin Orthop Relat Res* 2001;(391 Suppl):S362-9.
- Millett PJ, Haffard BH, Horan MP, Hawkins RJ, Steadman JR. Outcomes of full-thickness articular cartilage injuries of the shoulder treated with microfracture. *Arthroscopy* 2009;25:856-63.
- Mithoefer K, Williams RJ 3rd, Warren RF, Potter HG, Spock CR, Jones EC, et al. Chondral resurfacing of articular cartilage defects in the knee with the microfracture technique. Surgical technique. *J Bone Joint Surg [Am]* 2006;88 Suppl 1 Pt 2:294-304.
- Zantop T, Petersen W. Arthroscopic implantation of a matrix to cover large chondral defect during microfracture. *Arthroscopy* 2009;25:1354-60.
- van Bergen CJ, de Leeuw PA, van Dijk CN. Treatment of osteochondral defects of the talus. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2008;94(8 Suppl):398-408.
- Sterett WI, Steadman JR. Chondral resurfacing and high tibial osteotomy in the varus knee. *Am J Sports Med* 2004;32:1243-9.
- Marder RA, Hopkins G Jr, Timmerman LA. Arthroscopic microfracture of chondral defects of the knee: a comparison of two postoperative treatments. *Arthroscopy* 2005;21:152-8.
- Philippon MJ, Schenker ML, Briggs KK, Maxwell RB. Can microfracture produce repair tissue in acetabular chondral defects? *Arthroscopy* 2008;24:46-50.
- Hankemeier S, Müller EJ, Kaminski A, Muhr G. 10-year results of bone marrow stimulating therapy in the treatment of osteochondritis dissecans of the talus. *Unfallchirurg* 2003;106:461-6. [Abstract]
- Spahn G, Kirschbaum S. Operative treatment of deep chondral defects of the patella: results after abrasive arthroplasty and periosteal arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2005;13:352-6.
- Pridie KH. A method of resurfacing osteoarthritic knee joints. *J Bone Joint Surg [Br]* 1959;41:618-9.
- Takao M, Ochi M, Naito K, Uchio Y, Kono T, Oae K. Arthroscopic drilling for chondral, subchondral, and combined chondral-subchondral lesions of the talar dome. *Arthroscopy* 2003;19:524-30.
- Sgaglione NA, Miniaci A, Gillogly SD, Carter TR. Update on advanced surgical techniques in the treatment of traumatic focal articular cartilage lesions in the knee. *Arthroscopy* 2002;18(2 Suppl 1):9-32.
- Alfredson H, Thorsen K, Lorentzon R. Treatment of tear of the anterior cruciate ligament combined with localised deep cartilage defects in the knee with ligament reconstruction and autologous periosteum transplantation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1999;7:69-74.
- Gudas R, Simonaityte R, Riauba L, Pocius G, Kalesinskas R. Treatment of joint surface pathology by Pridie drilling. *Medicina (Kaunas)* 2002;38:720-9. [Abstract]
- Fink C, Rosenberger RE, Bale RJ, Rieger M, Hackl W, Benedetto KP, et al. Computer-assisted retrograde drilling of osteochondral lesions of the talus. *Orthopade* 2001;30:59-65. [Abstract]
- Steadman JR, Rodkey WG, Singleton SB, Briggs KK. Microfracture technique for full-thickness chondral defects: technique and clinical results. *Oper Tech Orthop* 1997;7:300-4.
- Gobbi A, Nunag P, Malinowski K. Treatment of full thickness chondral lesions of the knee with microfracture in a group of athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2005;13:213-21.

24. Bhosale AM, Richardson JB. Articular cartilage: structure, injuries and review of management. *Br Med Bull* 2008;87:77-95.
25. Siebold R, Lichtenberg S, Habermeyer P. Combination of microfracture and periosteal-flap for the treatment of focal full thickness articular cartilage lesions of the shoulder: a prospective study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2003;11:183-9.
26. Hoemann CD, Hurtig M, Rossomacha E, Sun J, Chevrier A, Shive MS, et al. Chitosan-glycerol phosphate/blood implants improve hyaline cartilage repair in ovine microfracture defects. *J Bone Joint Surg [Am]* 2005;87:2671-86.
27. Frisbie DD, Morisset S, Ho CP, Rodkey WG, Steadman JR, McIlwraith CW. Effects of calcified cartilage on healing of chondral defects treated with microfracture in horses. *Am J Sports Med* 2006;34:1824-31.
28. Bae DK, Yoon KH, Song SJ. Cartilage healing after microfracture in osteoarthritic knees. *Arthroscopy* 2006;22:367-74.
29. Cole BJ, Lee SJ. Complex knee reconstruction: articular cartilage treatment options. *Arthroscopy* 2003;19 Suppl 1:1-10.
30. Arøen A, Heir S, Løken S, Engebretsen L, Reinholt FP. Healing of articular cartilage defects. An experimental study of vascular and minimal vascular microenvironment. *J Orthop Res* 2006;24:1069-77.
31. O'Driscoll SW. Technical considerations in periosteal grafting for osteochondral injuries. *Clin Sports Med* 2001; 20:379-402.
32. Dorotka R, Windberger U, Macfelda K, Bindreiter U, Toma C, Nehrer S. Repair of articular cartilage defects treated by microfracture and a three-dimensional collagen matrix. *Biomaterials* 2005;26:3617-29.
33. Fuss M, Ehlers EM, Russlies M, Rohwedel J, Behrens P. Characteristics of human chondrocytes, osteoblasts and fibroblasts seeded onto a type I/III collagen sponge under different culture conditions. A light, scanning and transmission electron microscopy study. *Ann Anat* 2000;182:303-10.
34. Steinwachs MR, Gugli T, Kreuz PC. Marrow stimulation techniques. *Injury* 2008;39 Suppl 1:S26-31.
35. Lehman RC, Perry CR. Modified osteochondral autograft implantation for full-thickness articular cartilage lesions. *Arthroscopy* 2003;19:318-20.
36. Stone KR, Walgenbach AW, Freyer A, Turek TJ, Speer DP. Articular cartilage paste grafting to full-thickness articular cartilage knee joint lesions: a 2- to 12-year follow-up. *Arthroscopy* 2006;22:291-9.
37. Salter RB, Simmonds DF, Malcolm BW, Rumble EJ, MacMichael D, Clements ND. The biological effect of continuous passive motion on the healing of full-thickness defects in articular cartilage. An experimental investigation in the rabbit. *J Bone Joint Surg [Am]* 1980; 62:1232-51.
38. Gill TJ, McCulloch PC, Glasson SS, Blanchet T, Morris EA. Chondral defect repair after the microfracture procedure: a nonhuman primate model. *Am J Sports Med* 2005; 33:680-5.
39. Dandy DJ. Abrasion chondroplasty. *Arthroscopy* 1986; 2:51-3.
40. Nehrer S, Spector M, Minas T. Histologic analysis of tissue after failed cartilage repair procedures. *Clin Orthop Relat Res* 1999;365:149-62.
41. Bobic V, Noble J. Articular cartilage-to repair or not to repair. *J Bone Joint Surg [Br]* 2000;82:165-6.
42. Mitchell N, Shepard N. The resurfacing of adult rabbit articular cartilage by multiple perforations through the subchondral bone. *J Bone Joint Surg [Am]* 1976;58:230-3.
43. Knutsen G, Engebretsen L, Ludvigsen TC, Drogset JO, Grøntvedt T, Solheim E, et al. Autologous chondrocyte implantation compared with microfracture in the knee. A randomized trial. *J Bone Joint Surg [Am]* 2004;86-A:455-64.
44. Buckwalter JA, Mankin HJ. Articular cartilage: degeneration and osteoarthritis, repair, regeneration, and transplantation. *Instr Course Lect* 1998;47:487-504.
45. Kreuz PC, Steinwachs MR, Erggelet C, Krause SJ, Konrad G, Uhl M, et al. Results after microfracture of full-thickness chondral defects in different compartments in the knee. *Osteoarthritis Cartilage* 2006;14:1119-25.
46. Frisbie DD, Oxford JT, Southwood L, Trotter GW, Rodkey WG, Steadman JR, et al. Early events in cartilage repair after subchondral bone microfracture. *Clin Orthop Relat Res* 2003;407:215-27.
47. Knutsen G, Drogset JO, Engebretsen L, Grøntvedt T, Isaksen V, Ludvigsen TC, et al. A randomized trial comparing autologous chondrocyte implantation with microfracture. Findings at five years. *J Bone Joint Surg [Am]* 2007;89:2105-12.
48. Olofsson LB, Svensson O, Lorentzon R, Lindström I, Alfredson H. Periosteal transplantation to the rabbit patella. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2007;15:560-3.
49. Moseley JB Jr, Wray NP, Kuykendall D, Willis K, Landon G. Arthroscopic treatment of osteoarthritis of the knee: a prospective, randomized, placebo-controlled trial. Results of a pilot study. *Am J Sports Med* 1996;24:28-34.
50. Chang RW, Falconer J, Stulberg SD, Arnold WJ, Manheim LM, Dyer AR. A randomized, controlled trial of arthroscopic surgery versus closed-needle joint lavage for patients with osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum* 1993; 36:289-96.
51. Levy AS, Lohnes J, Sculley S, LeCroy M, Garrett W. Chondral delamination of the knee in soccer players. *Am J Sports Med* 1996;24:634-9.
52. Hangody L, Kish G, Kárpáti Z, Szerb I, Udvarhelyi I. Arthroscopic autogenous osteochondral mosaicplasty for the treatment of femoral condylar articular defects. A preliminary report. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1997;5:262-7.
53. Bert JM. Role of abrasion arthroplasty and debridement in the management of osteoarthritis of the knee. *Rheum Dis Clin North Am* 1993;19:725-39.
54. Kreuz PC, Erggelet C, Steinwachs MR, Krause SJ, Lahm A, Niemeyer P, et al. Is microfracture of chondral defects in the knee associated with different results in patients aged 40 years or younger? *Arthroscopy* 2006;22:1180-6.
55. Gobbi A, Francisco RA, Lubowitz JH, Allegra F, Canata G. Osteochondral lesions of the talus: randomized controlled trial comparing chondroplasty, microfracture, and osteochondral autograft transplantation. *Arthroscopy* 2006;22:1085-92.
56. Bert JM, Maschka K. The arthroscopic treatment of unicompartmental gonarthrosis: a five-year follow-up study of abrasion arthroplasty plus arthroscopic debridement and arthroscopic debridement alone. *Arthroscopy* 1989;5:25-32.
57. Koulalis D, Schultz W, Heyden M, König F. Autologous osteochondral grafts in the treatment of cartilage defects of the knee joint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2004;12:329-34.



58. Bert JM, Maschka K. The arthroscopic treatment of unicompartmental gonarthrosis: a five-year follow-up study of abrasion arthroplasty plus arthroscopic debridement and arthroscopic debridement alone. *Arthroscopy* 1989;5:25-32.
59. Steadman JR, Briggs KK, Rodrigo JJ, Kocher MS, Gill TJ, Rodkey WG. Outcomes of microfracture for traumatic chondral defects of the knee: average 11-year follow-up. *Arthroscopy* 2003;19:477-84.
60. Becher C, Thermann H. Results of microfracture in the treatment of articular cartilage defects of the talus. *Foot Ankle Int* 2005;26:583-9.
61. Cerynik DL, Lewullis GE, Joves BC, Palmer MP, Tom JA. Outcomes of microfracture in professional basketball players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009;17:1135-9.