



Kıkırdak yaralanmalarının tedavisinde osteokondral otolog transferi ve mozaikplasti

Osteochondral autologous transplantation and mosaicplasty in treatment of cartilage injuries

Cengiz Yılmaz

Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Mersin

Osteokondral greftleme hiyalin kıkırdağı ve osteokondral birleşmeyi garanti eden bir tekniktir. Bu tekniğin, hazır oluşmuş artiküler yüzey ile birlikte matris devamlılığını sağlayacak canlı kondrosit transfer etme avantajı vardır. Subkondral kemiğin restorasyonunun yanı sıra eklem uyumunu da sağlar. Tek seansta gerçekleştirilebilmektedir. Mozaikplasti artroskopik olarak da yapılabilmektedir. Osteokondral greftleme diğer ileri tekniklere kıyasla daha ucuzdur. Donör sahaların kısıtlı olması kullanım alanını küçük defektler ile sınırlandırmaktadır. Donör saha defektinin akıbeti konusunda kesin bir bilgi olmaması, donör ile alıcı sahanın kıkırdak kalınlıkları arasındaki farkın önemi ve greftler arasındaki ölü boşluğun durumu klinik çekimler arasındadır.

Anahtar sözcükler: Kıkırdak yaralanmaları; kondral; mozaikplasti; osteokondral otolog transfer; osteokondral greft; osteokondral; tedavi.

Osteochondral grafting is a technique which guarantees hyaline cartilage and osteochondral union. This technique has the advantage of transferring already formed articular surface and viable chondrocytes that would provide matrix continuity. It reconstitutes subchondral bony restoration along with joint congruity. It can be performed in a single session. Mosaicplasty can be performed arthroscopically as well. Osteochondral grafting is cheaper than other advanced techniques. Limited graft availability limits the use to smaller defects. Lack of definitive knowledge about the fate of donor site defects, the importance of chondral thickness difference between the donor and recipient tissues, and the prognosis of the dead space among grafts make up the clinical hesitations.

Key words: Cartilage injuries; chondral; mosaicplasty; osteochondral autologous transfer; osteochondral graft; osteochondral; treatment.

Osteokondral otolog transferi (Osteochondral Autologous Transplantation; OAT) ilk olarak 1993'te Bobić^[1] ve Matsusue ve ark.^[2] tarafından tanımlanmıştır. 1991 yılında hayvan deneyleri ile başlamış, 1992 yılında standardize ekipmanın geliştirilmesi ile klinik uygulamaya geçilmiş, 1997'de ise klinik sonuçlar yayınlanmaya başlamıştır.^[3] Küçük osteokondral greftlerin defekt içine dizildiği mozaikplasti yöntemi ise Bobić^[1] ile Hangody ve ark.^[3,4] tarafından 1996 yılında tanımlanmıştır.

Daha önce kaburgadan alınan kıkırdak greftin defekte transferi denenmiştir. Ancak bu greftleme işlemi teknik olarak zordur ve bu greftlerin tespiti erken harekete izin verebilecek güçte olmamaktadır.^[5]

Hiyalin kıkırdak elde etmekteki zorluklar nedeniyle osteokondral allogreft ya da otogreft uygulamaları geliştirilmiştir. Bu uygulamalarda kemiğin kemiğe kaynaması ile kıkırdak birleşmesindeki zorluğun üstesinden gelinmiş olmaktadır.^[6] Yeri değiştirilmiş hiyalin kıkırdağın devamlılığını sağlayan en önemli neden, sağlam bir tidemark ve subkondral kemik ile birlikte transfer edilmiş olmasıdır.^[1] Mozaikplastide, greftler arasında kalan boşluk, dışsal dokular ve matris akımıyla dolar ve sonuçta defekt alanının büyük kısmında artiküler kıkırdak, arada ise fibröz kıkırdak oluşur.^[7]

Osteokondral greftleme tekniği hiyalin kıkırdağı ve osteokondral birleşmeyi garanti eden bir tekniktir.

Greftlerin hazır oluşmuş artiküler yüzey ile birlikte matriks devamlılığını sağlayacak canlı kondrosit transfer etme avantajı vardır.^[8,9] Subkondral kemiğin restorasyonunun yanı sıra eklem uyumunu sağlayacak yüzey konturu da sağlarlar.^[10,11] Mozaikplasti uygulaması sonrası çevre kırıkdağa binen yük %30 oranında azalmaktadır.^[12] Osteokondral otolog transferi tek seansta gerçekleştirilebilmekte ve hemen farklılaşmış olgun hiyalin kırıkdağ sağlamaktadır.^[6,7] Mozaikplasti artroskopik ya da mini-artrotomi ile yapılabilmektedir ve daha ileri tekniklere kıyasla ucuzdur.^[13] Bunların yanında greft alınan donör sahaların kısıtlı olması kullanım alanını küçük defektler ile sınırlandırmaktadır.^[10] Donör sahanın akibeti konusunda kesin bir bilgi olmaması, greft ile alıcı sahanın kırıkdağ kalınlıkları arasındaki farkın önemi ve greftler arasındaki ölü boşluğun durumu, klinik çekişmeler arasındadır.^[11]

Osteokondral otolog transferinin ağırdaki azalma sağlama mekanizması tam olarak anlaşılammamakla birlikte ağrı hissetmeye neden olan subkondral kemiğin innervasyonunun bozulması ya da intraosseöz basıncın azaltılması, muhtemel nedenler arasında sayılmaktadır.^[10]

ENDİKASYONLAR

Kırıkdağ defektinin 1 cm'den derin olduğu, yani kemik defektinin de eşlik ettiği yaralanmalarda OAT ilk tercih edilecek yöntemdir.^[14] Osteokondral otolog transferi uygulaması için kabul edilen defekt derinliği kırıkdağ kalınlığının en az %50'sidir.^[15] Osteokondral otolog transferi 2-6 cm² arası lezyonların tedavisi için uygun bir yöntemdir.^[16,17] Uluslararası Kırıkdağ Tamir Derneği (International Cartilage Repair Society; ICRS)'ne göre mozaikplasti için defekt çapı alt sınırı 1 cm'dir.^[15] Pratikte ise donör saha komplikasyonlarından kaçınmak için çapı 2 cm'den küçük lezyonlara uygulanır.^[18] Tek, tam kalınlık ve çapı 1-2.5 cm arasındaki kırıkdağ defektleri artroskopik osteokondral greftleme ile tedavi edilebilir.^[19] Özetle, 50 yaşın altındaki hastalarda eklemlerin ağırlık taşıyan yüzeylerinin odaksal kondral ve osteokondral yaralanmalarında, instabilite, dizilim bozukluğu, menisküs ve bağ yaralanmalarının eş zamanlı tedavisi ile birlikte OAT endikasyonu vardır.^[16] Üç cm²'den büyük, sağlam kırıkdağ ile çevrili olmayan, 1 cm'den derin defektlerde osteokondral taze ya da taze donmuş allogreft kullanıma endikasyonu da vardır.^[20]

Femur medial kondil osteonekrozunun tedavisinde OAT kullanılmış ve iki yılı aşkın takipte iyi sonuç alınmıştır.^[21,22] Osteokondritis dissekans (OKD)'a bağlı büyük kist oluşumlarında ise mozaikplasti ve takiben ekstraartiküler kemik greftlemesi önerilmiştir.^[23] Bir başka makalede instabil OKD fragmanları otolog

osteokondral greft ile yerine tespit edilmiş ve 12 hastanın 11'inde iyi ya da mükemmel sonuç elde edilmiştir.^[24] Bu yöntemde OKD fragmanı yerinde duruyorsa ve sağlıklı kırıkdağa sahip ise ortadan 1 mm, çevreden de 4.5 mm çapında, yeterli stabilite sağlayıp, boşlukları kapatacak kadar otojen osteokondral greft ile tespit edilmektedir.^[25]

Mozaikplasti, talusun kondral yaralanmaları için tercih edilen tedavi yöntemidir.^[26] Osteokondritis dissekansa bağlı çapı 10 mm'nin üzerinde ve özellikle kistik evre III-IV lezyonu olan 14-55 yaş arası hastaların tedavisinde, mozaikplasti önerilmektedir. En iyi sonuçlar travma sonrası olan olgularda ve tek greft ile kaplanan defektlerde beklenebilir.^[27,28]

Osteokondral otolog transferi, diz gibi talus, tibia, humerus, kapitellum ve femur başının kırıkdağ yaralanmalarında da uygulanabilmektedir.^[29] Dokuz-14 yaş arası çocuklarda çapı 5 mm'den büyük kapitellum osteokondritis dissekans tedavisinde de mozaikplasti başarı ile uygulanmaktadır.^[30] Femur başı avasküler nekrozu tedavisinde nekrotik alan küçükse ve iyi vaskülarize kemik ile çevrili ise, osteokondral greftleme, femur başı inferiyor kısmından alınan greftler ile yapılabilmektedir.^[31] Osteokondral otolog transferi, vidadının intraartiküler yer değiştirmesine bağlı femur başı osteokondral yaralanmasının tedavisinde bir olguda iyi sonuç vermiştir.^[32]

Osteokondral yaralanmalarda OAT endikasyonu koymadan önce dikkat edilmesi gereken bazı noktalar vardır. Örneğin subkondral kemik kaybının 6 mm derinliği geçmemiş olması gereklidir.^[19] Menisküs ve bağ yırtıkları greftleme sırasında düzeltilmelidir.^[19] Ön çapraz bağ (ÖÇB) yaralanmaları sıklıkla kırıkdağ yaralanmalarına eşlik etmektedir. Ön çapraz bağın rekonstrüksiyonu ile birlikte mozaikplastinin de yapılması hastaya ek bir morbidite getirmezken tek anestezi seansı içinde iki ayrı patolojinin tedavisi gerçekleştirilmiş olmaktadır.^[33] Ancak Klinger ve ark.^[33] önce bağ rekonstrüksiyonunu yapıp mozaikplastiyi ikinci bir seansta uygulamayı daha uygun bulduklarını bildirmişlerdir.

Dizden geçen ağırlık taşıma çizgisi, eminensiaların medial ya da lateralinde kalırsa, tibiofemoral dizilimi osteotomi ile düzeltmek gerekir.^[34] Nitekim medial tibia platosundaki kırıkdağ yaralanmasının tedavisi yüksek tibial osteotomidir. Bunun yanında ek olarak mozaikplasti de yapılabilir.^[35] Mozaikplasti ile birlikte patellofemoral dizilimi düzeltmek için tibial tüberkül ilerletme ya da medializasyon, lateral retinaküler gevşetme, trokleoplasti ya da patellanın proksimalizasyonunun yapılması gerekebilir.^[36] Patellofemoral artroplasti endikasyonlarını genişletmek için bir grup hastada

femorotibial kıkırdak lezyonları mozaikplasti ile tedavi edilirken patellofemoral ekleme de artroplasti uygulanmıştır.^[37]

Kesin kontraendikasyonlar:^[16,19]

- Bipolar lezyonlar
- Birden çok evre IV lezyonlar
- İnstabil ya da dizilim bozukluğu olan dizler (düzeltilmedikçe)
- Tümör
- Enfeksiyon
- Yaygın ya da romatoid artrit
- Osteoartrit
- Uygun donör saha bulunmaması
- Elli yaşın üstünde olma
- Defektin 8 cm²'den büyük olması
- Defektin 10 mm'den derin olması
- Uyumsuz hasta

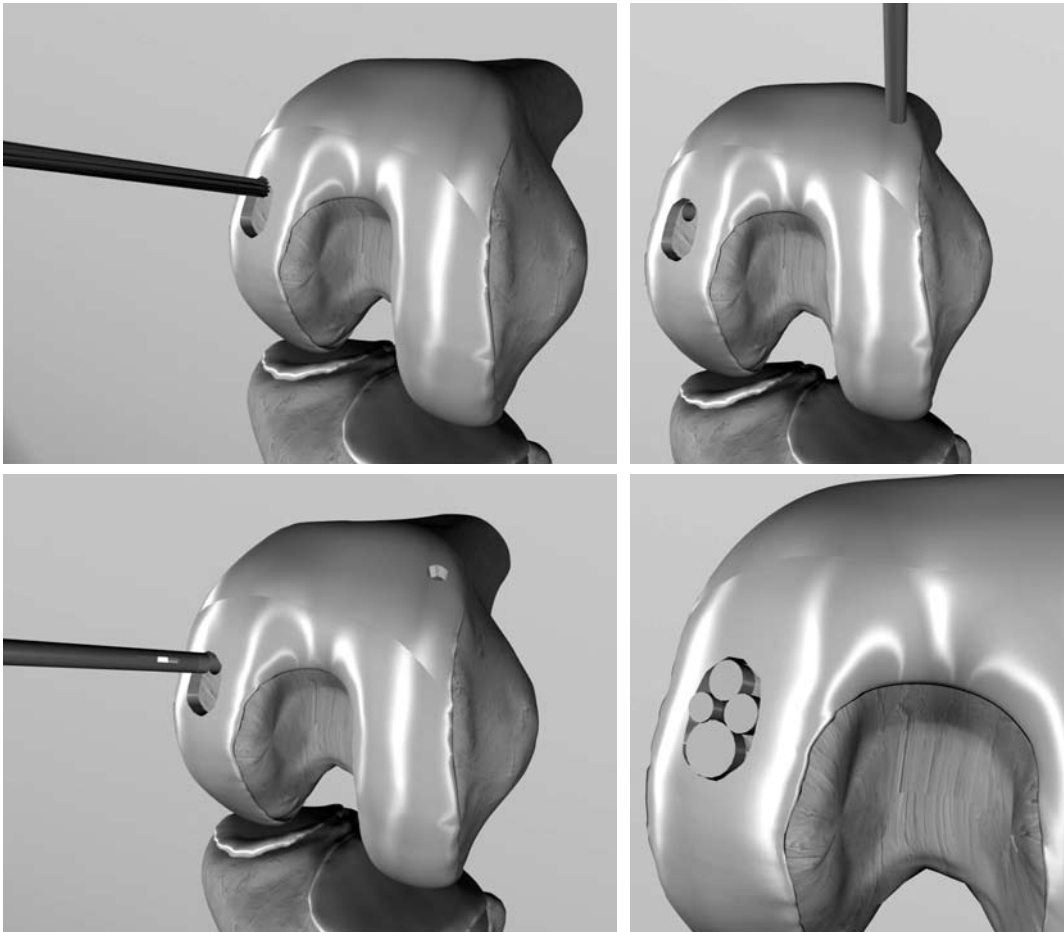
Göreceli kontraendikasyonlar:^[16]

- Kırk-50 yaş arasında olma
- Defektin 4-8 cm² arasında olması
- Hafif osteoartritik değişiklikler

Altı cm²'den büyük defektlerde mozaikplasti başarısızlıkla sonuçlanmaktadır. Bunun bir nedeni bu boyutta greftin bulunma sorunu, bir diğeri de bu defekti dolduracak kadar çok sayıda greftin sıkıştırılarak tespit edilmesindeki sorundur.^[38] Mozaikplasti yine de zorunlu durumlarda 8-9 cm²'lik defektlerin tedavisinde de kullanılabilir. Ancak bu durumlarda donör saha morbiditesi yüksek olmaktadır.^[29]

CERRAHİ TEKNİK

Mozaikplasti tekniği Hangody ve ark. tarafından tanımlanmıştır.^[39] Açık, mini-artrotomi ya da artroskopik olarak gerçekleştirilebilir. Aralarında çok az metodolojik farklılık vardır.^[16] Defekt çapı 2 cm'den küçükse ve dört-altı greftten daha fazlası gerekme-yeyekse mozaikplasti artroskopik olarak yapılabilir.^[3]



Şekil 1. Mozaikplasti uygulama tekniği.

Altı milimetrelik silindirler artroskopik olarak alınabilecek en büyük greftlerdir. Daha büyüğü artrotomi gerektirir ve patella ile donör sahanın temas ihtimalini artırır.^[19] Femoral kondil anteriorundaki küçük defektler artroskopik olarak tedavi edilebilir, ancak posteriyor yerleşimli ya da büyük defektler artrotomi gerektirir.^[10] Patellofemoral ve tibial defektler için açık yöntem önerilmektedir (Şekil 1).^[16]

Artroskopik yöntemde portaller her zaman standart portallerden daha santral yerleşimlidir. Dizin 120° fleksiyona getirilmesi defekte dik ulaşımı kolaylaştırabilir.^[3] Portalleri açarken bir spinal iğne ile defekte dik ulaşımın mümkün olabileceği bir yerleşim seçilir. Benzer şekilde greft alınacak bölgeye de dik ulaşımın teyidi için spinal iğne kullanılır.^[13] Artroskopik yöntem ile medial femoral kondil proksimalinden dört adet 4.5 mm'lik greft alınabilir. Daha fazla greft gerektiğinde lateral kondilden ya da interkondiler çentikten alınabilir. Lateral kondilden greft alınabilmesi için 1.5-2 cm'lik küçük bir artrotomi gerekir. Bu bölgenin kıkırdaklı interkondiler çentiğe kıyasla daha kalın ve iyi kalitededir.^[3] Açık yöntemde greft almak için patellanın lateral ya da medialinden 1.5 cm'lik sagittal bir kesi yapılır.^[6] Patellanın dolaşımına minimum zarar vermek ve rehabilitasyon sırasında daha stabil bir patellofemoral eklem ve daha kuvvetli bir ekstansör mekanizma için subvastus ya da midvastus yaklaşımlar tercih edilmelidir.^[36]

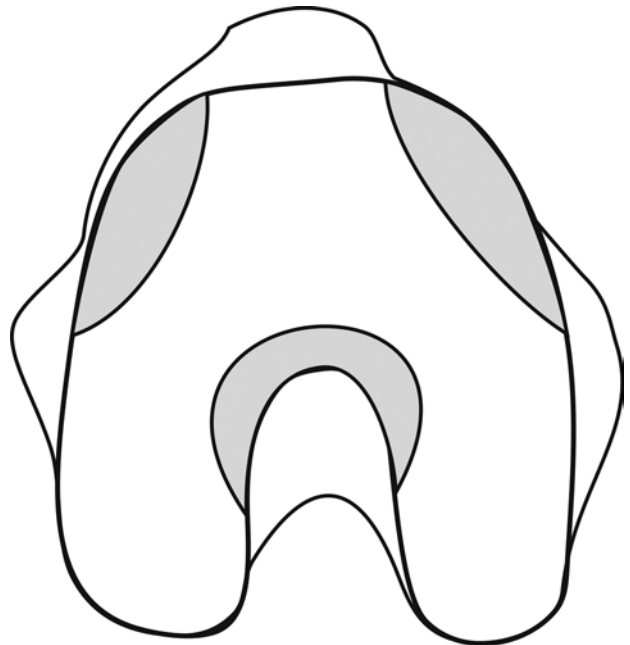
Osteokondral greftler, femur kondillerinin posteriyorları, medial femoral kondilin anteromedial, troklea medial ya da laterali, interkondiler çentiğin anterolaterali, patella ya da fibula başından alınabilmektedir.^[10,40] İlk tercih femoral kondilin superolateral çıkıntısıdır. İki'den fazla greft gereksiniminde superomedial çıkıntı da kullanılabilir (Şekil 2).^[6] Açık cerrahide greftler femur kondillerinden patellofemoral eklem hizasının medial ve lateralinden alınabilir. Artroskopik girişimlerde ise medial taraf tercih edilir, çünkü eklem distansiyonu patellayı laterale iterek mediale dik açıda giriş olanağı tanır.^[16] Hastalarda patellofemoral eklem medial tarafından alınan greftlerin donör saha yakınmalarının laterale kıyasla daha fazla olduğu görülmüştür.^[36] İnterkondiler çentik greftlerinin yüzeyi konkavdır ve daha az elastik subkondral kemiğe sahiptir. Bu nedenle ilk tercih değildir.^[16] Tibiofibular eklem kadavralarda incelenmesi sonucu bu bölgede şaşırtıcı derecede iyi kalitede kıkırdak bulunduğu ancak greft edinme yöntemlerinin geliştirilmesi gerektiği bildirilmiştir.^[41] Dirseğin ileri evre OKD'sinin tedavisinde kaburgadan alınan osteokondral greftlerle de tedavi uygulanabilmektedir.^[42] Dizde çok büyük defektlerde femur posteriyor kondil transfer edilebilmektedir.^[43]

Genellikle bir-dört adet arası greft 2.5 cm²'ye kadar büyüklükteki defektleri kapatmaya yetmektedir.^[6] Patellofemoral eklem kenarlarından toplam 3-4 cm²'lik bir defekti doldurabilecek kadar greft alınabilmektedir.^[29] Belirgin patellofemoral artroz olduğunda ya da dokuzdan fazla grefte ihtiyaç olduğunda osteokondral greftler karşı dizden de alınabilir.^[36]

Diz ekleminde kıkırdak kalınlığı 0.9-3.7 mm arası değişmektedir. En ince bölge interkondiler çentiğin laterali, en kalın bölge ise medial kondilin orta kısmıdır.^[17] Her ne kadar interkondiler çentik ve troklea distal ve medial, donör saha morbiditesi söz konusu olduğunda, greft alınması için daha uygun bölgeler olsa da bu bölgelerde kıkırdak kalınlığı azdır. Kıkırdak kalınlığının femoral kondillerdeki defekt bölgesine uyması açısından yine troklea lateral anterior yüzü önerilmektedir.^[44]

Greftlerin alındığı bölgenin yüzey şeklinin onarılabilecek bölge ile uyumlu olması eklem uyumunu ve dolaşımıyla başarı şansını artıracaktır. Medial ve lateral kondil yüzey eğimine en uygun donör saha, lateral trokleanın ön yüzü olarak belirlenmiştir.^[44] İnterkondiler çentik çevresi konkav yüzeye sahip olduğundan yüzey restorasyonunda çok iyi sonuç vermeyebilmektedir.^[17] Troklea medial ve lateralinin eklem yüzeyi femoral kondillere, interkondiler çentiğin yüzeyi ise trokleaya şekil olarak daha uygundur.^[45]

Outerbridge ve ark.nın^[46] çalışmasında büyük kondiler defektlerin greftlenmesi için patella lateral faseti kullanılmıştır. Bu yöntemde defekt dikdörtgen



Şekil 2. Dizde osteokondral greft alınabilecek bölgeler.

şeklinde hazırlanmakta, şablonu bir kağıt kesilerek çıkarılmakta, patellanın lateral fasetinin tümü eksize edilerek şablon şeklinde hazırlanmakta ve defekt tabanına birkaç delik (revaskülarizasyonu hızlandırmak amaçlı) açıldıktan sonra greft çakılmaktadır. Patellanın lateral faseti mediale oranla daha büyük olduğu için tercih edilmektedir. Alıcı kısım dikdörtgen kenarlarından, anteriyordaki greftin kilitlenerek oturabilmesi için, derinleştikçe genişleyecek şekilde hafif eğimli kesilmelidir. Bu yöntemin uygulandığı tüm hastaların 7.6 yıllık takip sonucunda tatmin olduğu, %81'inin yüksek işlev düzeyine döndüğü bildirilmiştir. Patellofemoral morbiditenin de düşük olduğu savunulmaktadır.^[46] Bir başka çalışmada ise patellanın troklea içerisindeki hareketinin normal olduğu ve hiçbir hastada instabilite olmadığı bildirilmiştir.^[47] Bu yöntem kondillerin büyük defektlerinin tedavisi için önerilmiştir.^[47]

Mozaikplastide kullanılan osteokondral greft boyutları kullanılan sisteme göre değişiklik göstermektedir. Dört, 6, 8 mm çapında greftler alınabildiği gibi bunların ara boyutları da vardır.^[48]

Başka bir üretici sistemde standart greft çapları 2.7, 3.5, 4.5, 6.5 ve 8.5 mm'dir.^[16] Alınan greftler açılan yuvalardan 1 mm kadar büyük olmalıdır ki yerleştirme sırasında sıkı bir tespit mümkün olsun.^[48] Küçük çaptaki greftler ile eklem konturu daha iyi şekillendirilebilir.^[48] Ancak küçük silindirelerin kuvvet ve stabilite-leri daha azdır ve işlemin basamak sayısını artırır.^[19] Büyük tek greft kullanımı ile stabil bir tespit elde edilebilmektedir. Ancak bu tip greftlerin de yüzey uyum bozukluğu ve uygun donör saha bulma zorluğu gibi sorunları vardır.^[3] Altı milimetre çapındaki greftler ile hem eklem konturu sağlanabilmekte hem de donör saha iyileşmesi yeterli olabilmektedir.^[48] Bu greftler ile defekt alanının %70-85'i doldurulabilmektedir.^[36] Çapı 6.5 mm olan greftler, çapı 4.5 mm olanlara oranla hem itekleme hem de çekmeye karşı 1.3 kat daha dayanıklıdır.^[49] Greft alırken 7 mm çapın üzerine çıkmamakta fayda vardır. Bu boyuttan büyük alınan greftlerde, kullanılamayacak deforme greft edinme oranı yüksektir.^[50] Patellofemoral komplikasyonlardan kaçınmak için troklear bölgeden en fazla iki adet 12 mm çapında ve bir adet daha küçük greft alınabilir.^[51] Değişken boyutta greftlerin kullanımıyla defektin %90-100'ünü doldurmak mümkündür.^[16]

Kondral defektler için 15 mm, osteokondral defektler için 20-25 mm uzunluğunda greftler önerilir.^[16] Bazı setlerde standart greft uzunluğu 8 mm'dir.^[13] Osteokondritis dissekans gibi daha derin kemik defekti yapan lezyonlarda daha uzun greftler ve daha derin yuvalar kullanmak gerekebilir.^[48]

Osteokondral greftler, tübüler osteotomlar ya da trefinler yardımı ile alınır. Greftlerin eklem yüzüne dik olarak alınması çok önemlidir.^[6,44] Osteokondral otolog transferi cerrahisinin gerçekleştirilebilmesi için bazı cihazlar gereklidir. Bu amaçla tasarlanmış bazı setler ticari olarak piyasaya sunulmuştur. Bunlar içerisinde en bilinenleri MosaicPlasty (Acufex, Smith & Nephew, Andover, MA, ABD), OATS (Osteochondral Autograft Transfer System, Arthrex, Naples, FL, ABD), CORE (Innovative Devices, Marlboro, MA, ABD), COR (Chondral Osseous Replacement, DePuy Mitek) ve SDS (Soft Delivery System, Sulzer Orthopaedics, Austin, TX, ABD)'dir. Mozaikplasti setlerinin çoğunda hem motorize hem de manuel greft alıcı trefin ve tübüler osteotomlar vardır. Yapılan deneysel bir çalışmada, motorize trefinlerin hem kullanılması daha zor bulunmuş hem de kıkırdak ve kemik dokuya daha çok zarar verdiği izlenmiştir. Bu nedenle manuel osteotomların kullanılması önerilmiştir.^[48,52] Greftlerin trefin ile alınması sırasında kıkırdak kenarlarındaki metale temas eden 400 µm kalınlıktaki alanda kondrositlerin öldüğü, yani aslında greft hacminin ancak %76'sında canlı kondrosit bulunduğu bildirilmiştir. Bunun yanında çevresel tarzda zarar gördüğü için, greft kıkırdağının, çevre kıkırdakla birleşmemesinin doğal olduğu savunulmuştur.^[53] Grefti alırken osteotom iki tam tur kendi etrafında çevrilmeli ve çevrilerek çekilmelidir. Sallama hareketlerinden kaçınılmalıdır. Bu tip hareketler gereğinden büyük donör saha defektine yol açacaktır.^[13,16,19] Ayrıca kaldıraç etkisi ile çıkarılan greftlerin yerleştirildikten sonra stabilite-lerinin de azaldığı gösterilmiştir.^[54] Greft osteotomdan çıkarılırken de kemik tarafından iteklenmeli ve kıkırdağa basınç uygulamaktan kaçınılmalıdır.

Radiokapitellar ekleme yaklaşımı zordur. Kapitellumun kıkırdak lezyonlarında OAT uygulaması için greftlerin 45 ile 60 derece eğimli alınması ve bu açıyla yerleştirilmesi önerilmiştir. Altmış dereceden daha büyük açı radius başı tarafından engellenecek, 45 dereceden küçük açı ise greft alımı sırasında zorluk çıkaracaktır.^[55] Açılı greftleme tekniklerinde 1-2 derecelik hata bile eklem yüzeyinde uyumsuzlukla sonuçlanacaktır. Bu nedenle bir açı sabitleyici cihaz kullanımı önerilmektedir.^[55]

Greft alınan saha bir yıl içinde fibröz ve kemik doku karışımı ile dolar. Bu doku bazen hipertrofiye uğrayarak kıkırdak seviyesinin üstüne de çıkabilir.^[19,40] Donör tünellerin bir materyal ile doldurulması morbiditeyi azaltır. Bunun yanında kanamanın azaltılması için de bu tünellerin biyobozunur bir madde ile ya da şekillendirilmiş bir polimer ile kapatılması önerilmektedir.^[48] Dolgu maddesinin fibröz kıkırdak

oluşumunu da engellememesi gerekir. Bu amaçla denenen maddeler içerisinde poliglukonat-B çubukları (Smith & Nephew, Andover, MA, ABD), basınçlanmış kollajen spançlar (KNC PN 2313; Kensey-Nash, Andover, MA, ABD), polilaktid-ko-glikolid, poliglukolid ve kalsiyum sulfattan oluşan bir malzeme, trikalsiyum fosfat kemik çimentosu amaca uygun bulunmuştur.^[19,56,57] Tibiadan osteoperiosteal greft olarak donör defektini dolduran bir grup yazar sonradan bunların rezorbe olduğunu ve çevre kırıkta kenarlarının çöktüğünü gözlemlemişlerdir.^[58] Bir grup yazar donör saha ile defekt silindirlenini değiştirmeyi, yani defekt tabanından çıkarılan kemiği donör saha defektine yerleştirmeyi önermiştir.^[59]

Defekt kenarları, dik ve subkondral kemiğe yapışık sağlam kırıkta kadar debride edilerek hazırlanır.^[48] Alınacak greft boyutları ölçü aletleri yardımıyla belirlenir. Defekt içerisine greft dizilimini ve boyutlarını tespit edebilmek için matkap rehberi 3 mm derinliğe kadar hafifçe çakılarak plan yapılabilir.^[6] Bu rehber matkap ucunun dik gitmesini de sağlar. Yuvalar yüzeye dik olmalıdır. Yüze dik olmaması yuvaların kemik derinliklerinde birleşmesine neden olabilir.^[19] Defektin doldurulmasına önden başlanır ve arkaya doğru ilerlenir. Arkaya ulaşıldığında ya da maksimum fleksiyonda dahi dik greft yerleştirilmesi mümkün olmayacak bölgeye kadar uygulama yapılır.^[19,48] Önce tüm yuvalar açılıp sonra greftler yerleştirilebilir ya da her greft yerleştirildikten sonra diğer yuva açılabilir.^[13] Yuva derinliği kondral defektler için 15 mm, osteokondral defektler için 20-25 mm olmalıdır.^[6] Başka bir sette ise standart derinlik 8 mm'dir.^[48] Yuvalar arasında 1-2 mm kalınlığında kemik köprü bulunmalıdır.^[6,19] Greftlerin tespiti için yuvalar arasındaki bu spongiöz kemik köprünün sağlam kalmasına dikkat edilmelidir.^[48] Uygun boyutta matkap ucuyla yuva delinir. Delme sırasında matkabın oynaması ya da tam dik girememesi nedeniyle istenenden geniş bir delik olursa bir büyük greft boyutuna geçilebilir.^[48] Matkapla delinen delik başta koniktir. Bu deliğin tam silindir olan greft şekline uymasını sağlamak için uygun boyutta genişletici yuvanın sonuna kadar çakılır.

Yavaş gelişen yüklenmeler kırıkta önce sıvı akışı ile karşılaşılır sonra matrikse iletilir. Buna karşın aniden gelen yükler sıvı akışına fırsat tanımaksızın doku deformasyonuna neden olur.^[60] Greftlerin çakılması sırasında greft yuvasına oturduktan sonra gelen darbelerin kondrosit yaşamını kötü yönde etkilediği saptanmıştır. Bu nedenle greft alt ucu alıcı kemiğe temas ettikten sonra çakma işlemine devam etmek faydalı olacaktır. Az sayıda ve güçlü darbeler yerine çok sayıda daha hafif darbeler greft sağlığı açısından önerilmektedir.^[61] On beş milimetre çapında

bir osteokondral grefte etki eden çakma kuvveti ortalama 2.5 kN'dur. Bu, birim alan başına 13.3 Mpa kadar bir strese neden olur. Bu stres sonucu bir saat sonra yüzeyden 500 µm, 48 saat sonra ise 1000 µm derine kadar kondrosit apoptozuna rastlanır. Yaklaşık kırıkta kalınlığı 1.5-3 mm kadardır. Derin tabakalar subkondral kemik tarafından korunmaktadır.^[60] Çakma kuvveti arttıkça greft daha sağlam oturmakta ancak kırıkta daha fazla zarar görmektedir. Çakma kuvveti azaldıkça kırıkta daha az zarar görmekte ancak greft stabilitesi daha az olmaktadır.^[36]

Tibiyanın kırıkta yaralanmalarında OAT'yi artroskopik olarak gerçekleştirmek zordur ve genellikle açık yapılıdır. Ancak büyük defektler için uygun görülse de küçük defektler için bu büyüklükteki insizyondan kaçınmak amacıyla retrograd greftleme tanımlanmıştır. Bir rehber yardımı ile tibiadan açılan tünellerden geçirilen greftlerin yüksekliği artroskopik olarak ayarlanıp greftler tünelde yerleştirilen biyoaktif seramik doldurucularla tespit edilir.^[62] Bir başka retrograd greftleme yönteminde defekt artroskopik olarak görüntülenirken ÖÇB Kirschner teli (K-teli) rehberi 50 dereceye ayarlanarak defekt ortasına yerleştirilir. Giriş yerindeki periost kesilerek ayrılır ve 10 mm'lik trefin ile bir kortikal kapak kaldırılır. Buradan K-teli, rehber içinden defekte doğru geçirilir. Yine trefin ile 25 mm uzunluğunda 10 mm çapında bir kemik blok çıkarılır. Kalan kemik ekleme kadar 10 mm çapındaki kanüle delici ile delinir. Femur eklem yüzü proksimalinden 50 derece eğimli 11 mm çapında ve 25 mm uzunluğunda osteokondral greft alınır ve bu greft hazırlanan tünel içine yerleştirilir. Arkasına çıkarılmış olan kemik blok çakılır. Bu bloğu tespit etmek için emilebilir bir interferans vidası yerleştirilerek dışarıda kalan kısım kesilir. Kortikal kapak yerine yerleştirilir ve periost kapatılır (Şekil 3). Aynı yöntem ayak bileğinde tibia distalinin kırıkta yaralanmalarının tedavisinde de kullanılabilir. Uygulamada tek fark, alınan greftin 25 mm yerine 15 mm uzunluğunda olmasıdır.^[35]

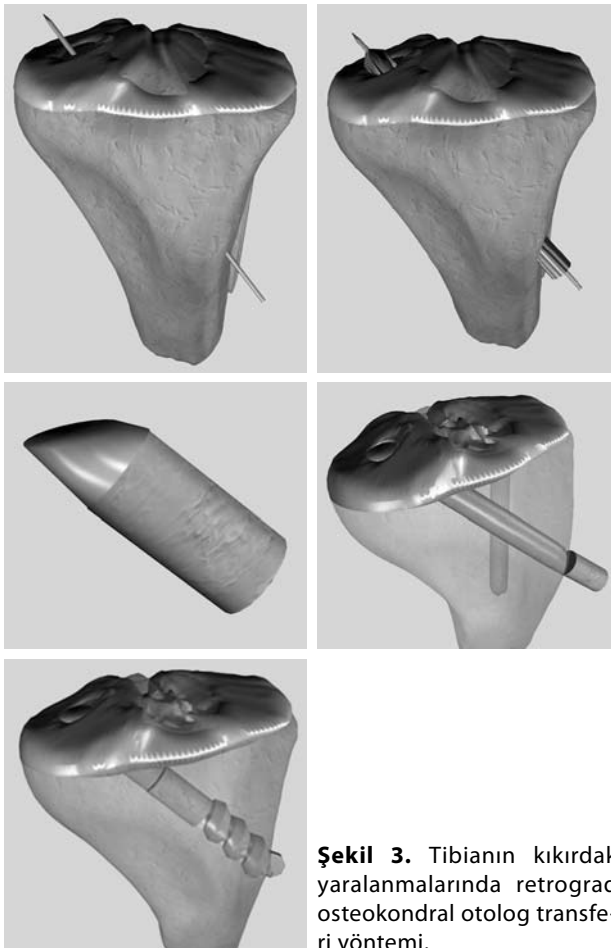
Tedavinin başarısını belirleyen en önemli etken greftlerin hatasız yerleştirilmesidir. Cerrahın mümkün olduğunca greftin kırıkta katmanının derinliğini sağlam kırıkta derinliğine uydurmaya çalışması gerekir.^[36] Dizde ortalama kırıkta kalınlığı 1.69 mm'dir. Bir milimetreden az oynamalarda kırıkta çevre kırıkta ile hala temas halindedir ve bu da remodelasyona izin verir.^[63] Uygun yerleştirilmeyen greftler çökme ya da fibröz pannus dokusu ile aşırı büyümeye maruz kalabilirler.^[7] Greftler eklem yüzüyle aynı seviyede olmalıdır.^[48] Ek olarak, greftlerin eklem yüzüne göre 1 mm yüksek ya da 1 mm alçak kalması tepe temas basıncını belirgin şekilde artırmaktadır.^[63] Greftin 0.5 mm yüksek kalması dahi üzerindeki baskıyı %50 artırır.^[19]

Bir çalışmada greftlerin 2 mm kadar eklem yüzeyinden yukarıda kalmalarının ve yük verilerek mobilizasyon sonucu yerlerine oturmalarının daha iyi sonuç verebileceği hipotezi öne sürülmüştür. Ancak eklem yüzeyiyle aynı seviyede olan greftlerle karşılaştırıldığında; çıkıntılı kalan greftlerin aralarındaki boşlukların dolmadığı, greftlerin kemiğe kaynamadığı ve spongiöz kemikte kistler oluştuğu görülmüştür. Çalışmada, çıkıntılı kalan greftlerde eklem hareketiyle birlikte mikrohareket oluştuğu; bu hareketin, greft aralarının dolmasını ve kemik kısmın kaynamasını engellediği, aynı zamanda spongiöz kemiğe pompaladığı sinovyal sıvının etkisiyle kemik kistlerinin oluştuğu belirtilmiştir. Ayrıca takip süresi daha uzun olsa, greftlerde çökme ile karşılaşma ihtimalinin de yüksek olacağı belirtilmiştir.^[7] Bu durumda yüksek yerleştirilen greftlerin kıkırdak kısmı ve karşılık gelen sağlam kıkırdak çok yüksek strese maruz kalacak ve dejenere olacaktır. Benzer şekilde greft çok alçak yerleştirilirse yüklenme olmayacak ve zamanla dejenere olacaktır.^[36] Yüksek grefte tolerans alçağa göre daha azdır.^[63] Fazla derine gömülen greftlerin üstü erken dönemde bir iyileşme dokusu ile kaplanmakta ancak 24. hafta civarında bu

doku ayrılmaktadır.^[64] Bir milimetre kadar fazla derine gömülmüş greftler remodele olabilmektedir. Ancak eklem yüzeyine kıyasla 2 mm ve daha derine gömülen greftler eklem yüzeyini oluşturmada başarısız olurlar.^[64] Bu greftlerde kıkırdak nekrozu ve fibröz dokuda aşırı büyüme gözlenmiştir.^[19] Greft yerleştirilirken fazla derine giderse hemen yanına bir başka yuva açılıp buradan bir prob yardımı ile greft yükseltilebilir ve bu yuvaya yeni bir greft uygulanabilir.^[16]

Greftlerin açılan yuvaya sıkışmaları erken dönem stabilitesini sağlar. Bunun belirleyicileri de yuva-greft çap farkı, greft uzunluğu ve kemik kalitesidir.^[49] Greftlerin sağlam tespiti için yuvadan en az 1 mm daha fazla çapa sahip olmaları gerekir. Aynı çaptaki greftlerde çökme ve fibröz doku ile kaplanma gözlenmiştir.^[65] Greftin yuvadan büyük olması kıkırdak şapkanın devamlılığı için de önemlidir.^[19] On beş milimetre ile 20 mm yuva derinlikleri karşılaştırıldığında 15 mm derinliğin hem çakma sırasında kıkırdak bölgeye binen yükü fizyolojik sınırlarda tuttuğu hem de daha sıkı bir tespit sağladığı belirlenmiştir.^[49] On milimetre uzunluğundaki greftlerin sıkışarak tespit güçleri, 15 ve 20 mm uzunluğundakilerden belirgin olarak düşüktür. Greftin yuvaya yerleştirildikten sonra çıkartılıp tekrar yerleştirilmesi, greftin birincil stabilitesini azaltmaktadır.^[54] Çapı 4.5 mm uzunluğu 15-20 mm olan bir greftin 15 mm'lik yuvaya yerleştirildiğinde sıkışma tespit gücünün dizdeki fizyolojik streslere dayanabilecek kadar olduğu gösterilmiştir.^[66] Yuvanın dibine kadar oturmuş, alttan destekli greftler, yuva dibine ulaşmayan, desteksiz greftlere göre daha sağlamdır. Kısa ve destekli greftler, uzun ve desteklilere göre daha sağlamdır. Uzun desteksiz greftler ise kısa desteksiz greftlere göre daha sağlamdır. Uygulama sırasında destekli yerleştirmek mümkün olucaksa kısa greft, olmayacaksa uzun greft seçmek uygundur.^[67] Büyük greftlerin çekme gücüne karşı direnci daha fazladır.^[19] Yani greft çapı arttıkça stabilitesi de artmaktadır. Defektten küçük ve stabil tespit edilemeyen greftle sağlanan iyileşme, tedavisiz defektten daha iyi bulunmuştur. İdeal bir greftleme yapılamayacak defektlerin, küçük ve iyi tespit edilemeyecek dahi olsa, greftlenmesi önerilmektedir.^[68]

Greftler çakılırken dik yerleştirilmelidir. On dereceye kadar eğimli yerleştirilen greftlerde komplikasyon ihtimali azdır.^[48] Eklem yüzünün eğimi nedeniyle bir taraf daha çıkıntılı duruyorsa yuvarlaklığın sağlanması amacıyla yüksek kenar defekt ortasına bakacak şekilde yerleştirilmelidir.^[44] Tekrar oluşturulan eklem yüzünün konveksitesinin sağlanması için bazı greftlerin eğimli alınması gerekebilir. Defekt ortasına gelen greft dik olmalıdır. Buradan periferde doğru dizilen greftler ise santraldaki yükselmeye uyacak şekilde 10-15 derece kadar eğimli olmalıdır. Bu nedenle bazı



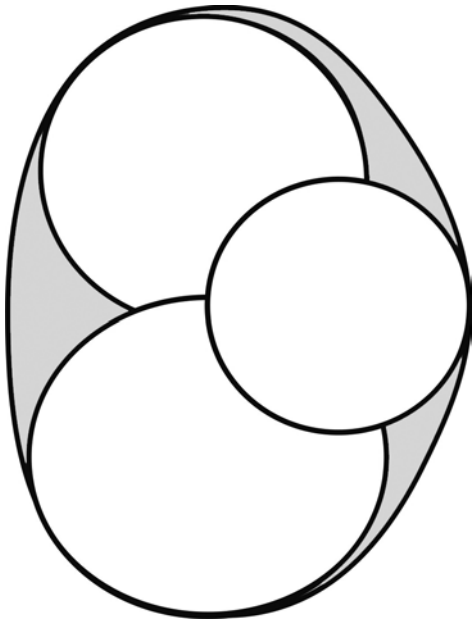
Şekil 3. Tibianın kıkırdak yaralanmalarında retrograd osteokondral otolog transferi yöntemi.

yazarlar greft uzunluğunun %15 kadarını çaktıktan sonra çakıcı cihazın çıkarılmasını, gerekli rotasyonel düzeltmenin yapıldıktan sonra çakmaya devam edilmesini önermektedir.^[36] Büyük ve düzensiz şekilli defektlerde eklem yüzü uyumunu orijinali gibi rekonstrükte etmek çok zordur.^[69] Eklem yüzü ile greft kıkırdak yüzü uyumlu değilse, kıkırdak tepesi yüzeyin 1 mm altında kalacak kadar çakılır. Greft buna rağmen çıkıntılı kalıyorsa tepe kısmı kesilebilir. Ancak bu yöntem bilimsel olarak doğrulanmamıştır.^[63]

Standart bir mozaikplasti uygulaması ile defekt alanının %60-70'i hiyalin, %30-40'ı defekt tabanındaki kemikten köken alan fibröz kıkırdak ile dolar.^[3] Defekt alanında artiküler kıkırdak ile kaplanan oranı yükseltmek için ya daha küçük greftler kullanmak ya da greftleri büyüterek örtüştürmek gerekir. Küçük greft kullanımını greftte çökme ile sonuçlanabilir. Greftlerin örtüşmesi, yani sonraki greftin öncekinin bir kısmının yerine geçmesi ile defekt alanının %90-100'ü kaplanabilir. Ancak greftlerin örtüşmesi tespit gücünü azaltacaktır ve rehabilitasyon döneminde bunu akılda bulundurmak gerekir (Şekil 4).^[70,71] Uygulama tamamlandıktan sonra eklem tüm hareket aralığı boyunca hareket ettirilerek greftlerin yerleşimi kontrol edilir.^[48] Mozaikplasti sonrası özellikle donör tüneller doldurulmadıysa dren yerleştirilerek 24 saat sonra çekmek gerekir.^[3,6]

MEGA-OATS

Mueller ve Wagner 1964 yılında posteriyor femoral kondilin greft olarak kullanılması yöntemini tanımlamışlar ancak yöntem pek yaygınlaşmamıştır.^[38] Tekrar



Şekil 4. Örtüşen greft uygulaması.

1999 yılında gündeme gelen bu yöntemin klinik sonuçları yayınlanmış ve büyük kıkırdak defektlerinde kurtarma yöntemi olarak önerilmiştir.^[38] Subkondral kemik kaybı söz konusu olan osteonekroz gibi hastalıklarda otolog kondrosit implantasyonu gibi yöntemler uygun değildir. Bu durumlarda posteriyor kondil transfer yöntemi artroplastiye alternatif bir kurtarıcı girişimdir.^[38] Posteriyor kondiller ancak 60 derece fleksiyondan sonra yük taşımaya başlar. Günlük hayatta 60 dereceden fazla fleksiyon nadiren gerekir. Gerektiğinde ise genellikle tüm vücut ağırlığının taşındığı bir durum değildir.^[38]

Mega-OATS olarak da anılan bu yöntemde medial ya da lateral femoral kondil posteriyoru, femur posteriyor korteksinin devamının hizasından osteotomize edilerek defekt ile birlikte özel cihazlar kullanılarak şeklen hazırlanmakta ve sıkıştırılarak defekt içine çakılmaktadır. Greft çapı erkeklerde 30-35 mm, kalınlığı 20-25 mm kadardır. Greftin 90 derece döndürülmesi ile kontur uyumu elde edilebilmektedir. Kanayan canlı kemiğe greft kalınlığından daha derinde rastlanırsa kemik grefti üzerine de yerleştirilebilmektedir. Sağlam bir tespit için posteriyor kondil greft çevresinin en az %75'inin kemikle çevrili olması gerekmektedir.^[38] Mega-OATS yönteminin tanımlandığı çalışmada ortalama defekt boyutu 7.2 cm² olarak bildirilmiştir.^[38] Ortalama defekt büyüklüğü 6 cm² olan 36 hastanın 5.5 yıllık takibinde tüm hastalarda semptomatik rahatlama elde edilmiştir.^[72] Orijinal çalışmada ise hastaların %90'ı ameliyattan memnun kalmış, %55'i de spora geri dönebilmiştir. Hiçbir hastada posteriyor kondil eksikliğine bağlı bir sorun gelişmemiştir.^[38] Bu yöntemde greftin devamlılığını ve entegrasyonunu sağlamak için üzerine binecek aşırı yüklerden korumak gerekir. Bu nedenle sıklıkla varus deformitesinin düzeltilmesini amaçlayan yüksek tibial osteotomi ile birlikte yapılması gerekmektedir.^[38]

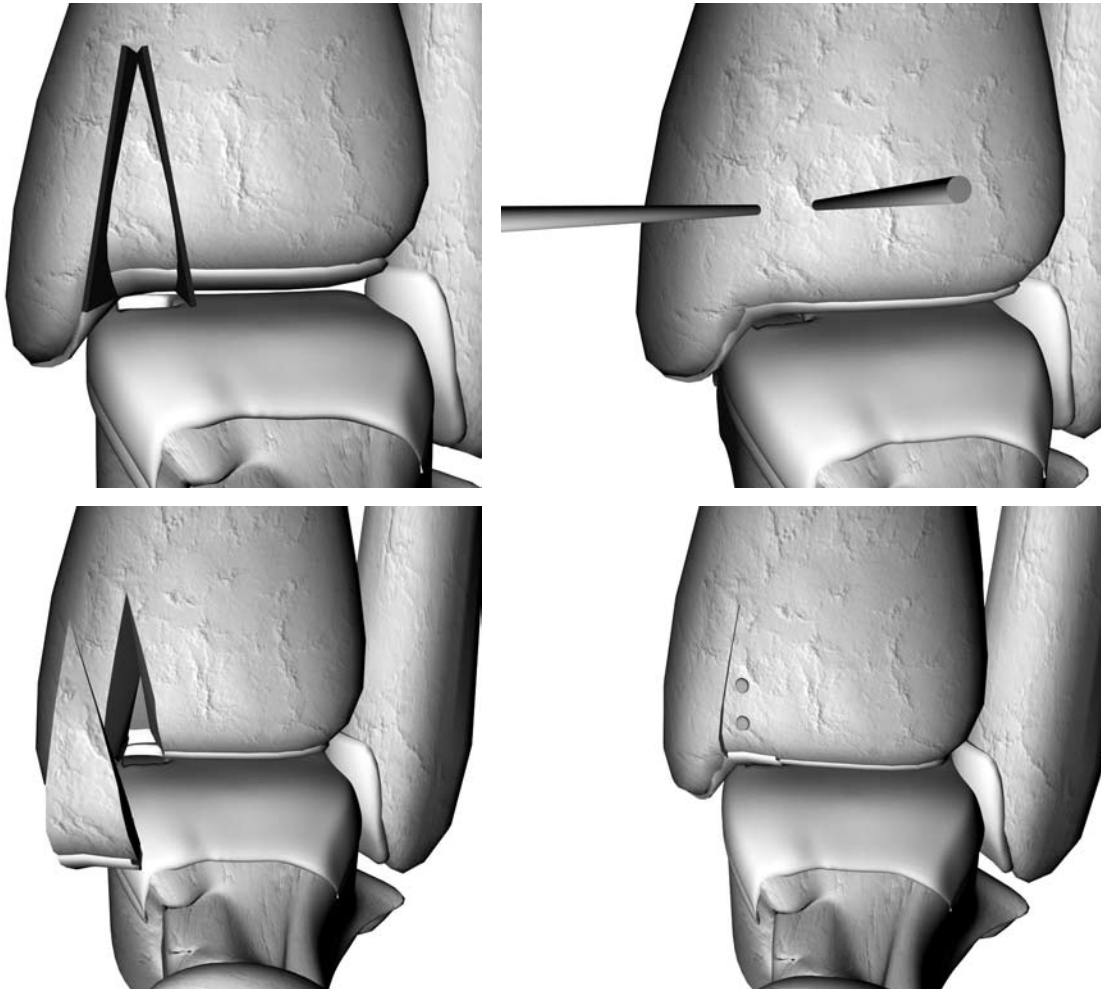
TALUS

Mozaikplasti tekniği ile talusun kıkırdak yaralanmalarının tedavisi zordur. Çok iyi çevrelenmiş küçük lezyonlar tedavi edilebilir. Özellikle köşelerdeki lezyonların tedavisi teknik olarak zorlayıcıdır. Defekt alanındaki kıkırdak kalınlığıyla greftlerinki farklıdır ve genellikle yüzey düzgünlüğü sağlanamaz.^[73] Ancak talusun osteokondral yaralanmalarında sadece kemik greftleme dahi küretaj ve delme tedavisinden daha iyi sonuç vermiştir. Bu hastalarda hareket aralığının daha iyi korunduğu, ağrının daha azaldığı, radyografilerde ise subkondral kemiğin daha iyi korunmuş olduğu görülmüştür.^[74]

Talusun posteromedial lezyonlarında defekte dik yaklaşım için çoğu zaman medial malleol osteotomisi gerekir.^[26] Lateral lezyonlara ise genellikle anterior talofibular bağın gevşetilmesi ve zorlu plantar fleksiyon ile anterior subluksasyon yapılarak ulaşılabilir.^[75] Posterolateral lezyonlara ulaşmak için lateral malleol osteotomisi ya da Chaput tüberkülünün osteotomisi de gerekebilir.^[15]

Medial malleol osteotomisine malleolün üstünden başlanmalı ve 45 derecelik bir açı ile plafond ile malleol köşesine gelmelidir. Osteotominin ilk kısmı motorize testere ile, son 1/8'lik kısım ise kıkırdak zarar vermemek için osteotom ile kesilmelidir. Son kısım kesilirken bir ekartör ile talusun kıkırdak yüzeyi korunmalıdır.^[75] Medial malleolün tespiti için osteotomi yapmadan önce iki vida deliği açılır, redüksiyondan sonra da 2.7-4.0 mm'lik tibial plafondun ilerisine kadar geçen (yaklaşık 40 mm uzunluğunda) iki kanüle vida kullanılarak tespit edilir. Deliklerin

hafifçe birbirinden ayrılır şekilde açılı olması, malleolün yukarı yer değiştirmesini önleyecektir.^[75] Bazı yazarlar medial malleol osteotomisinin basamak şeklinde yapılmasını önermektedir.^[76] Bu osteotomi hem anatomik redüksiyonu garanti etmekte, hem de kaynama yüzeyini artırmaktadır. Ancak teknik zorluğu da vardır.^[76] Medial malleol osteotomisi titanyum vidalar ile, lateral malleol osteotomisi ise LC-DCP plak ile tespit edilir.^[15] Anterior talofibular bağ gevşetmesi yapıldı ise Brostrom yöntemi ile onarılmalıdır.^[74] Medial malleol osteotomisinin kaynamama, yanlış kaynama, eklem uyum kaybı ve sonucunda osteoartrit gelişimi gibi riskleri olduğu savunularak posteriyor defektler için farklı bir osteotomi önerilmiştir. Bu yöntemde göre defekt üzerine denk gelen bölgeden piramit şeklinde bir kemik blok çıkarılmakta ve işlem sonunda yerine yeniden tespit edilmektedir (Şekil 5). Defekt üzerinde kalan tibial platformda yaklaşık 4.5 cm yüksekliğinde, tabanı 1.5 cm genişliğinde bir üçgen çizilir. Üçgenin iki kenarından defekt arkasında birleşecek şekilde iki



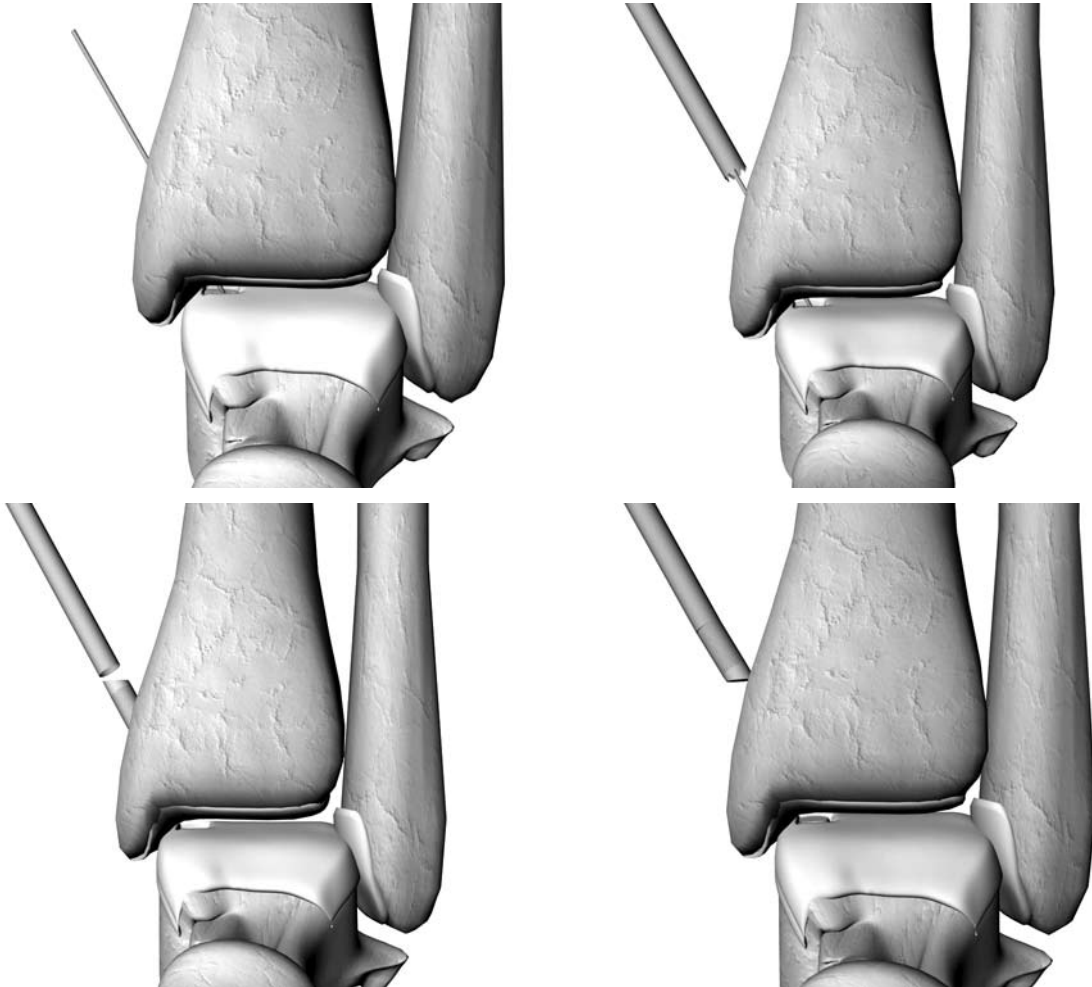
Şekil 5. Talusun posteriyor defektlerine yaklaşım için piramit osteotomisi.

adet K-teli gönderilir. Floroskopi altında K-tellerinin birleşme noktasının defekt arkasında kaldığı teyit edilir. Çıkarılacak kemik blok üzerine iki adet delik delinir. Tellerle aynı doğrultuda kemik blok kesilerek çıkarılır ve ıslak spança sarılır. Defekte bu şekilde medial malleol osteotomisinden daha iyi bir yaklaşım sağlanmış olur. İşlem sonrası kemik blok yerine oturtularak iki adet eriyebilen pin ile tespit edilir (Şekil 5).^[77]

Talusun posteromedial defektlerine yaklaşım malleol osteotomisinin yanında artroskopi destekli transmalleoler olarak da yapılabilir. Transmalleoler yaklaşım için önce standart portallerden artroskopi başlatılır. Traksiyon olmaksızın maksimal plantar fleksiyonda defekt görüntülenir ve ÖÇB seti K-teli rehberi ile medial malleol üzerinden defekt ortasına doğru 1.5 mm kalınlığında bir K-teli gönderilir. Bu K-teli üzerinden 8 mm çapında trefin ile medial malleole bir tünel açılır. Çıkan parça ıslak spança sarılarak saklanır. Mozaikplasti, dizden alınan greftler ile bu tünel içerisinden yapılır. Kemik tüneli kapatmak için saklanan

parça yerine yerleştirilir. Yerinden kaymasını engellemek için defekt tabanından alınan kemik parçalar kama şeklinde tünel ile parça arasına çakılarak sıkıştırılır (Şekil 6). Ameliyat sonrası dönemde bir elastik bandaj yeterli olmaktadır. Hareket aralığı egzersizlerine hemen başlanır. İkinci haftada kısmi yük vererek, dördüncü haftalarda ise tam basarak mobilizasyona izin verilir.^[78] Transmalleoler yaklaşımda kemik tünel hiçbir zaman defekte tam dik olarak denk gelmez. Bu nedenle greftleri yerleştirirken ve yuva açarken dikkatli olmak gerekir. Sekiz milimetrelik tünel uygulamasında malleol kırığına rastlanmamışsa da daha geniş tünellerde bu risk vardır.^[78]

Talusun posterolateral lezyonları için posterolateral yaklaşım tanımlanmıştır. Bu yaklaşımda fibula posterior sınır boyunca peroneal tendonlar üzerinden yapılan eğri insizyonla cilt ve cilt altı geçilir. Tendon kılıfı açılır, peroneal tendonlar öne çekilir ve eklem kapsülü açılır.^[77] Malleol osteotomisinin kaçınmak amacıyla navigasyon cihazı kullanarak retrograd tünel



Şekil 6. Talusta transmalleoler otolog transferi uygulaması.

içerisinden tek greft uygulama yöntemi de önerilmiştir. Bu yöntemde yüzeye dik giriş mümkün olmadığından greftin 40 derece eğimli alınması gereklidir.^[26] Çapı 6-8 mm'ye kadar olan greftler talus artiküler fasetlerinden alınabilir. Tek greft yeterli olacaksa medial fasetten, iki greft gerekiyorsa medial ve lateral fasetten birer tane alınabilmektedir.^[77] Kistik lezyonlarda yuva açarken trefin ile kemik çıkarma yerine matkapla delerek alıcı tünel hazırlanması yuvadan çıkan kemikleri etrafa sıkıştırarak greft tutunması için kemik stoğunu artırabilmektedir.^[75]

Talusun mozaikplasti ile tedavisinde 45 yaş üzeri ve sigara kullananlarda mükemmel sonuç elde etme ihtimali çok düşüktür.^[15] Transfer edilen silindir sayısı ya da silindirlerin toplam büyüklüğünün klinik başarı üzerinde etkisi olmadığı tespit edilmiştir.^[79] İyi sonuç bildiren birçok yayının yanı sıra, hastaların %50'sinde dizden alınan osteokondral greftlere bağlı ağrı geliştiğini ve talustaki lezyonların çoğunun tekrarladığını savunanlar da vardır.^[80]

AMELİYAT SONRASI DÖNEM

Transfer edilen osteokondral greftler ilk günlerde sertlik açısından normal kıkırdakla benzer değerlere sahiptir. Ancak kıkırdak dokusu ilk iki ile dördüncü haftalar arasında ödemlenerek şişer ve yumuşar. Bu dönem içerisinde basıdan korunmaları önerilmektedir. Onikinci hafta civarı kıkırdak sertliği en az değere kadar iner ve 24. haftaya kadar bu şekilde kalır. Yirmi dört-52. haftalar arası sertliği artan kıkırdak 52. haftada ilk günkü değerini aşmaktadır.^[64] Farklı bir çalışmada 12. haftada kıkırdak sertliğinin kontroller seviyesine ulaştığı bildirilmiştir.^[81] Greftlerin elastik modülüslerinin üçüncü ayda %58'e düştüğü ve altıncı ayda %82'ye çıktığı bildirilmiştir.^[82]

Osteokondral greftlerin itme ve çekmeye karşı dirençleri ameliyat sonrası yedinci günde %44 düşüş gösterir. Bu günden sonra greft aralarının dolması ve kemik kaynamanın başlaması ile bu tespit gücü artar ve üç-dördüncü haftalarda kemik kaynama gözlenir.^[81] Osteokondral greftler çakıldıktan sonra bir süre kemik rezorpsiyonu olur. Bu süre zarfında greftlerde çökme gelişebilir. Yuva derinliği ve greft uzunluğu uyumlu olan uygulamalarda, yani alttan destekli greftlerde, çökmeye karşı direnç daha fazladır ve ameliyat sonrası kısmen yük vererek mobilizasyona izin verilebilir.^[12] Deneysel bir çalışmada greft alınmadan önce uygulanan sistemik tek doz zoledronat'ın bu rezorpsiyonu engellediği gösterilmiştir. Ancak bu yöntemin henüz klinik uygulaması yoktur.^[83,84]

Hastalar ilk dört hafta yük vermeden mobilize edilir. Dördüncü haftadan altıncı haftaya kadar yük artırılır

ve tam basarak mobilizasyona geçilir.^[6] Ameliyattan hemen sonra CPM (continuous passive motion) ile pasif ve aktif fizyoterapi başlanır. Bu zaman zarfında izometrik egzersizlere, hareket aralığı egzersizlerine, kuadriseps ve hamstring kuvvetlendirme egzersizlerine devam edilir. Yüzmeye izin verilebilir.^[3] İlk iki hafta hastaya 0-90 derece pasif hareket yaptırılır. İkinci haftadan sonra fleksiyon giderek artırılır.^[6] On ikinci haftada düz koşuya, onaltıncı hafta sonunda tam sportif aktiviteye geçilir.^[48]

Malleol osteotomisi ile yapılan mozaikplasti sonrası üç hafta yük vermeksizin bot ortezi ile, sonraki üç hafta yük vermeksizin ortezsiz, sonraki üç hafta ise yük vererek bot ortezi ile mobilizasyon uygulanır.^[75]

Malleol osteotomisi yapılmadıysa sekiz hafta kısmen yük vererek, 12. haftada desteksiz tam yük vererek mobilizasyon önerilmiştir. Koşmaya altı-12. aylarda, kontakt sporlara ise bir yıldan sonra izin verilmektedir.^[15] Kapitellumda uygulanan osteokondral silindirlerin ancak altı ayda entegre olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle rehabilitasyonda buna uygun program belirlenmelidir.^[85]

SONUÇLAR

Histolojik

Osteokondral greftler altı-14 hafta içerisinde tamamen entegre olmaktadır.^[7] Greftlerdeki kondrositler sinovyal sıvıdan beslendikleri için transfer sonrası kan akımı kesilmiş olsa dahi yaşamlarını ve işlevlerini sürdürürler.^[65] Greftlerin kemik kısımları arasında genellikle kaynama sorunu görülmezken, kıkırdak birleşim yerlerinde iyileşme olmaz.^[86] Osteokondral greftlerin kıkırdağı, ne çevre sağlam kıkırdak ile ne de aralarını dolduran fibröz kıkırdak ile birleşirler.^[87] Birleşim yerleri makroskopik olarak devamlı görünse bile histolojik incelemede yarık olarak kalmaktadır.^[88] Donör sahadaki defektler fibröz kıkırdak ile dolar.^[48] Sağlam tespit olmayan greftlerin aralarından sinovyal sıvı geçişi ve bu nedenle subkondral kist oluşumu gözlenebilir.^[67] Greftler arasında kalan boşluğun daha iyi kalitede kıkırdak ile doldurulmasını ve greftlerin komşu kıkırdağa kaynamasını sağlayabilmek için, aralık, aljinat içerisinde çoğaltılmış ve TGFβ sentezlemeleri için genetik zenginleştirilmiş mezenkimal kök hücreler ile doldurulmuştur. Sonuçta deneysel ortamda greftlerin çevre kıkırdağa da tutunduğu gözlenmiştir. Bu işlemin henüz klinik uygulaması yoktur.^[89]

Artiküler kıkırdağın hyalin kıkırdaktan farkı, kollajen liflerinin dizilimindedir. Artiküler kıkırdakta kollajen lifleri derin katmanlarda yüzeye dik, yüzeyel katmanda ise yüzeye paralel seyrederek. Makaslama ve kompresyon kuvvetlerine dayanıklılığının nedeni bu dizilimdir.

Yüzey lifleri de kuvvetlerin yoğunluğuna göre dizilim gösterir. Osteokondral greftlerde bozulma nedeni olarak greftlerin yüzey kollajen lif açısının çevre kıkırdak ile yön farkı olduğu ortaya atılmış ancak ispatlanmamıştır.^[87] Mozaikplasti her ne kadar artiküler kıkırdak ile iyileşme sağlama ihtimali olan tek yöntem olsa da, bir yayında mozaikplastinin zaman içerisinde dejenere olduğu ve yararının şüpheli olduğu bildirilmiştir.^[90]

Klinik

Osteokondral otolog transferi sonrası hasta işlevi oldukça yüksek, morbidite ise düşük bulunmuştur.^[79] Küçük defektlerin kısa ve orta dönem takiplerinde %78 tatminkar sonuç elde edilmiştir.^[6] Üç yıldan fazla takipte hastaların %91'inde, yedi yıl takipte ise %91-94'ünde iyi ya da mükemmel sonuç elde edilebilmiştir.^[39,91] Femoral kondillerde %92, tibial defektlerde %87, patellofemoral defektlerde %79, talusta ise %94 iyi ya da mükemmel sonuç elde edildiği görülmektedir.^[19,29] Osteokondral otolog transferi sonrası spora dönüş ihtimali %73'tür. Yaralanma öncesi performans ulaşabilecek seviyede spora dönüş ihtimali en fazla OAT'dedir.^[92]

Kullanılan greft sayısı ile sonucun başarısı arasında ters bir ilişki vardır. Tabii bu aynı zamanda defektin büyüklüğünün de göstergesidir.^[6] Vücut kütle indeksindeki her bir puanlık artış Lysholm diz skorunda bir puanlık düşüş ve WOMAC (Western Ontario McMaster Osteoartrit index) osteoartrit indeksinde ise %0.6'lık bir artış ile ilişkili bulunmuştur.^[79] En iyi sonuçlar travmatik odaksal defektlerde ve patellofemoral dizilim bozukluğu olan odaksal dejeneratif lezyonlarda elde edilmiştir.^[36] Bir çalışmaya göre altta yatan nedenin OKD, osteonekroz ya da travma olması klinik sonuçları etkilememektedir.^[19] Hasta yaşının da klinik sonuçlar üzerinde etkisi bulunmamıştır.^[79]

Yüksek dereceli atletler üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada OAT klinik, histolojik ve radyolojik olarak mikrokırıktan üstün bulunmuştur.^[93] Otolog kondrosit implantasyonu (autologous chondrocytes implantation; ACI) ile OAT'nin karşılaştırıldığı çalışmaların bir kısmında OAT klinik ve histolojik olarak üstün bulunmuştur.^[70,90,94,95] Buna karşın daha büyük defektlerin tedavisini karşılaştıran çalışmalarda ACI, OAT'ye üstün bulunmuştur.^[90]

Osteokondral otolog transferi kısa ve orta dönemde semptom ve işlevde iyileşme sağlamaktadır. Ancak 12 aydan sonra beş ile dokuz yıl arasında sonuçlar kötüleşmektedir.^[96] Patellanın mozaikplasti ile tedavisinde hiçbir hastada iyi sonuç elde edilememiş ve bu girişimin patelladaki kondral defektlerin tedavisinde kullanılmaması gerektiği bildirilmiştir.^[90,97] Omuzda

yapılan osteokondral greftleme işlemi iyi klinik sonuç vermekte ancak osteoartrit gelişmesini ya da ilerlemesini engelleyememektedir.^[98]

Radyolojik

Osteokondral greftlemenin takibinde manyetik rezonans (MR) görüntüleme ile greft entegrasyonu, eklem yüzünde basamaklanma, subkondral kemik bütünlüğü, subkondral ödem ve greft-kemik birleşkesinin homojenliği değerlendirilir.^[99] Takiplerde greftlerde eğilme ya da komşu kemikle aralarında 5 mm'den fazla boşluk var ise, gevşemiş ve dolayısıyla başarısız olmuş girişim sayılır. Takip sürecindeki kontrollerde kontrast ile görüntüsü belirginleşmeyen greft, nekrotik demektir.^[99] Radyografilerde 3 mm'den fazla greft çökmesi ve %50'den fazla eklem aralığı daralması greft başarısızlığını kuvvetle düşündürmelidir.^[100] Erken dönem MR görüntülerinin klinik sonuçla ilişkisi saptanmamıştır. Geç dönem karşılaştırma çalışmalarında ise MR görüntülerine halen gereksinim vardır.^[99] Greft canlılığının takibi için ameliyattan altı-12 hafta sonra gadolinum ile kontrastlı MR görüntülerinin çekilmesini öneren yazarlar vardır.^[38] Manyetik rezonans görüntüleme ile takiplerde subkondral kemikte ödem varlığının devam ettiği görülebilmektedir. Bazı yazarlar bunu iyileşme ve granülasyon dokusuna bağlamışlardır.^[13] Bu ödem yıllarca devam edebilmektedir.^[19,99,101] Sekizinci yılda hastaların yaklaşık yarısında radyolojik olarak osteoartrit bulgusuna rastlanır. Ancak bu bulguların da klinik ile bağlantısı bulunmamıştır.^[48]

Komplikasyonlar

Osteokondral otolog transferi uygulamasına bağlı komplikasyonların büyük çoğunluğu donör sahayla ilgilidir. Olasılıklara karşı hasta önceden bilgilendirilmelidir.^[102] Greft alınmasına bağlı dizde dejeneratif değişiklikler geliştiğine dair henüz herhangi bir kanıt bulunmamaktadır. Donör sahalara bağlı ancak geçici semptomlar bildirilmiştir ki bunların da %95'i altı hafta içerisinde, %98'i ise bir yıl içerisinde tamamen iyileşmiştir.^[29]

Greft alınmasına bağlı patellofemoral krepitasyon gelişebilir. Bunların çoğu asemptomatiktir.^[36] Greftlerin alındığı alan aşırı kanamadan sorumlu tutulmuştur. Bu kanama; girişim sonrası enfeksiyon, eklem içi fibrozis, erken dönemde debridman ya da artrosentez gereksinimine yol açabilmektedir.^[57,103] Yine bu bölgelerde fibröz kıkırdak hipertrofisi sonucu patellofemoral takılma ve ağrı gelişebilmektedir.^[104] Greft alanlarının sentetik kemik materyali ile doldurulmasına bağlı yabancı cisim reaksiyonu ancak olgu sunumu şeklinde literatürde yer almıştır.^[105] Bunlara rağmen bazı

çalışmalarda donör saha komplikasyonuna hiç rastlanmamıştır.^[106] Osteokondral otolog transferi sonrası beş aya kadar uzayabilen şişlik ve sinovit görülebilmektedir. Genellikle vastus medialis kuvvetlendirme egzersizleri ve fizyoterapiye yanıt vermektedir. Bu sinovit patellanın greft donör sahalarıyla ilişkisine bağlanmış ve vastus medialisin gelişmesi, yani patellanın dinamik medializasyonu sonucu iyileştiği bildirilmiştir.^[27,107,108]

Osteokondritis dissekansta greft kaynaması gecikebilir. Bazen takip MR görüntülemelerinde greftler çevresinde subkondral kistler gözlenmektedir. Bunlar sinovyal sıvı girişine ya da delme sırasında açığa çıkan ısının etkisi ile olabilmektedir. Osteokondritis dissekansa bağlı lezyonların bazılarında defekt ortasına ikincil kemik greftleme gerekebilmektedir.^[36]

Allogreftler

Osteokondral greftler avasküler ve anöral olduklarından immün-korunaklıdır. Bu yüzden allojenik transferine çok uygundur. Allogreftler çok büyük defektlerin kaplanmasına olanak tanır, anatomik olarak uyum sağlayıp mükemmel eklem konturu sağlayabilirler ve bunların yanı sıra donör saha morbiditesinden de kaçınılabilmektedir. Kemik defektlerinin doldurulması da allogreftler ile mümkün olabilmektedir.^[34] Taze ya da donmuş osteokondral allogreftler tedavide kullanılabilir. Ancak bu greftlerin immünolojik reddedilme, hastalık taşıma, zor bulma ve geç dönemde hücre ölümü gibi allojenik dokuya özel sorunları vardır.^[109] Daha önceleri büyük taze allogreftlerin uygulanması denenmiş ama subkondral kemiğin hızla rejeksiyonu ile karşılaşmıştır. Bunun üzerine az subkondral kemik bulunan taze donmuş allogreftler denenmiştir. Bu greftler bir süre eklem uyumunu korumuş sonra dejenerasyon olmuştur.^[110] Taze dondurulmuş osteokondral allogreftler 1998 yılında ticari olarak kullanıma sunulmuştur.^[111] Taze allogreftlerin incelenmesi ve hastalık açısından test edilebilmesi için 28 günlük bir süre gereklidir. Ancak kondrositlerin viabilitesinin ve osteokondral greftlerin biyomekanik özelliklerinin 14 gün içerisinde azaldığı bilinmektedir.^[111] Sağlıklı kondrosit transferi için ideal süre, allogreftlerin ilk yedi gün içerisinde transfer edilmesidir. Ancak hastalık taraması için en az 14 güne ihtiyaç vardır. Her ne kadar kondrositlerin 45 gün boyunca yaşamlarını sürdürdüğü bildirilmiş ise de 28 gün saklama sonunda yaşayan kondrosit sayısında belirgin düşüş saptanmıştır. İlginçtir ki kondrosit sayısındaki azalmaya rağmen dokunun glikozaminoglikan içeriği ve dolayısıyla biyomekanik özellikleri bu süre zarfında etkilenmemektedir.^[34] Çalışmalar, allogreftlerin raf süresi arttıkça greft öde-

minin daha az, greft morfolojisi ve kemiksel kaynamasının ise daha iyi olduğunu göstermektedir. Bu etki zamanla antijenisitelerinin azalması ile açıklanmaktadır.^[111]

Taze dondurulmuş allogreftler ile ortalama 6 cm² büyüklüğündeki defektlerin tedavisi üzerine yapılmış bir çalışmada dört yıllık takipte greftlerin %84'ünün sağlıklı olduğu gözlenmiştir. Yazarlar taze dondurulmuş allogreftlerin kısa dönem takip sonuçlarının tatminkar olduğunu ancak orta ve uzun dönem takip sonuçlarına ihtiyaç olduğunu vurgulamışlardır.^[111] Talusun çok büyük lezyonlarında taze ya da taze dondurulmuş doku uyumlu allogreftler kullanılmıştır.^[112] Allogreftlerin yük taşımasının kondrosit yaşamlarını sürdürmede faydası vardır. Yük taşıyan bölgelere transfer edilen greftlerin yaşayan kondrosit oranları yük taşımayan bölgelere yerleştirilenlere oranla %77 daha fazla bulunmuştur. Ancak bu etki otogreftlerde gözlenmemiştir.^[19] Allogreftler ile yapılan osteokondral greftleme girişimlerinde yük vermeden mobilizasyonu sekiz haftaya, kontakt sporlara geçişi 12 aydan sonraya uzatmak gerekmektedir.^[34]

Yedi günden az bekletilmiş allogreftler ile yapılan tedavilerin 7.5 yıllık takibinde %85 başarı elde edilmiştir.^[100] İlk yedi günde edinilen taze allogreftlerle yapılmış bir çalışmada, yaklaşık sekiz yıllık takipte, hastaların %60'ında tatminkar sonuç elde edilebilmiştir. Özellikle patellofemoral eklemde başarı şansı daha düşüktür. Bu bölgenin allogreft ile tedavisi sadece bir kurtarıcı girişim olarak görülmelidir. Patellofemoral eklemde allogreft ile tedavisinde aseptik gevşeme, enfeksiyon ve sürekli diz ağrısı gibi komplikasyonlara sık rastlanır. Buna rağmen uygulama yapılacaksa ameliyat sırasında patellofemoral yükü azaltacak tüberkül anteromedializasyonu gibi bir osteotomi eklenmesi önerilmektedir. Lateral retinaküler gevşetmenin dinamik yük azaltma etkisi şüpheli olduğundan yetersiz kalma olasılığı yüksektir.^[113] Taze allogreftlerin immün yanıt oluşturma potansiyelleri nedeniyle uygulama öncesi kemik iliği elemanlarının yıkanarak uzaklaştırılması bu yanıtın şiddetini azaltır. Transfer, MHC (Major histocompatibility complex) antijen uyum testine göre yapılabilirse immün yanıt en aza indirilebilmektedir. Kıkırdak aramaddesi sağlam kaldığı sürece kondrositler immün saldırıdan korunmaktadır. Allogreft hazırlanırken greft üzerinde mümkün olduğu kadar az kemik bırakmak gerekir. Greftler elle şekillendirilebilir ya da silindir trefinler kullanılabilir.^[25]

Taze allogreft ile başarı şansı %75-95 arasındadır.^[18] Taze osteokondral allogreftler ile tedavi sonrası beş yılda %95, 10 yılda %71, 20 yılda ise %66 başarı bildirilmiştir.^[100] Taze dondurulmuş allogreftler

ile yapılan tedavilerin başarı oranı, taze allogreft tedavileriyle benzerdir.^[114] Bunun yanında daha elektif şartların sağlanması ve enfeksiyonlar açısından donörün daha iyi taranabilmesine olanak vermesi gibi avantajları vardır.^[114] Allogreftler ile yapılan çalışmalarda başarısızlık nedenleri olarak; 50 yaşından büyük olmak, karşılıklı defektler ve eklem dizilim bozukluğu saptanmıştır.^[100]

KAYNAKLAR

1. Bobic V. Arthroscopic osteochondral autograft transplantation in anterior cruciate ligament reconstruction: a preliminary clinical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1996;3:262-4.
2. Matsusue Y, Yamamuro T, Hama H. Arthroscopic multiple osteochondral transplantation to the chondral defect in the knee associated with anterior cruciate ligament disruption. *Arthroscopy* 1993;9:318-21.
3. 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.
4. Hangody L, Kish G, Kárpáti Z, Szerb I, Eberhardt R. Treatment of osteochondritis dissecans of the talus: use of the mosaicplasty technique-a preliminary report. *Foot Ankle Int* 1997;18:628-34.
5. Shimada K, Yoshida T, Nakata K, Hamada M, Akita S. Reconstruction with an osteochondral autograft for advanced osteochondritis dissecans of the elbow. *Clin Orthop Relat Res* 2005;435:140-7.
6. Marcacci M, Kon E, Zaffagnini S, Iacono F, Neri MP, Vascellari A, et al. Multiple osteochondral arthroscopic grafting (mosaicplasty) for cartilage defects of the knee: prospective study results at 2-year follow-up. *Arthroscopy* 2005;21:462-70.
7. Pearce SG, Hurtig MB, Clarnette R, Kalra M, Cowan B, Miniaci A. An investigation of 2 techniques for optimizing joint surface congruency using multiple cylindrical osteochondral autografts. *Arthroscopy* 2001;17:50-5.
8. Czitrom AA, Keating S, Gross AE. The viability of articular cartilage in fresh osteochondral allografts after clinical transplantation. *J Bone Joint Surg [Am]* 1990;72:574-81.
9. Ohlendorf C, Tomford WW, Mankin HJ. Chondrocyte survival in cryopreserved osteochondral articular cartilage. *J Orthop Res* 1996;14:413-6.
10. Buckwalter JA. Articular cartilage injuries. *Clin Orthop Relat Res* 2002;402:21-37.
11. Bobic V, Noble J. Articular cartilage--to repair or not to repair. *J Bone Joint Surg [Br]* 2000;82:165-6.
12. Kock NB, Smolders JM, van Susante JL, Buma P, van Kampen A, Verdonschot N. A cadaveric analysis of contact stress restoration after osteochondral transplantation of a cylindrical cartilage defect. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2008;16:461-8.
13. Chow JC, Hantes ME, Houle JB, Zalavras CG. Arthroscopic autogenous osteochondral transplantation for treating knee cartilage defects: a 2- to 5-year follow-up study. *Arthroscopy* 2004;20:681-90.
14. Gross AE. Repair of cartilage defects in the knee. *J Knee Surg* 2002;15:167-9.
15. Gautier E, Kolker D, Jakob RP. Treatment of cartilage defects of the talus by autologous osteochondral grafts. *J Bone Joint Surg [Br]* 2002r;84:237-44.
16. Hangody L, Ráthonyi GK, Duska Z, Vásárhelyi G, Füles P, Módis L. Autologous osteochondral mosaicplasty. Surgical technique. *J Bone Joint Surg [Am]* 2004;86-A Suppl 1:65-72.
17. Thauat M, Couchon S, Lunn J, Charrois O, Fallet L, Beaufils P. Cartilage thickness matching of selected donor and recipient sites for osteochondral autografting of the medial femoral condyle. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2007;15:381-6.
18. Cole BJ, Lee SJ. Complex knee reconstruction: articular cartilage treatment options. *Arthroscopy* 2003;19 Suppl 1:1-10.
19. Coons DA, Barber FA. Arthroscopic osteochondral autografting. *Orthop Clin North Am* 2005;36:447-58.
20. Gross AE. Cartilage resurfacing: filling defects. *J Arthroplasty* 2003;18(3 Suppl 1):14-7.
21. Akgün I, Unlü MC. Osteonecrosis of the knee. [Article in Turkish] *Acta Orthop Traumatol Turc* 2007;41 Suppl 2:123-37.
22. Tanaka Y, Mima H, Yonetani Y, Shiozaki Y, Nakamura N, Horibe S. Histological evaluation of spontaneous osteonecrosis of the medial femoral condyle and short-term clinical results of osteochondral autografting: a case series. *Knee* 2009;16:130-5.
23. Atik OS, Esen E, Tokgöz N, Ataoğlu B, Taşkesen A. Osteochondritis dissecans with subchondral bone cyst of the femoral condyle: a novel surgical technique of treatment. *Eklem Hastalık Cerrahisi* 2009;20:174-7.
24. Miura K, Ishibashi Y, Tsuda E, Sato H, Toh S. Results of arthroscopic fixation of osteochondritis dissecans lesion of the knee with cylindrical autogenous osteochondral plugs. *Am J Sports Med* 2007;35:216-22.
25. 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.
26. Hoser C, Bichler O, Bale R, Rosenberger R, Rieger M, Kovacs P, et al. A computer assisted surgical technique for retrograde autologous osteochondral grafting in talar osteochondritis dissecans (OCD): a cadaveric study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2004;12:65-71.
27. Baltzer AW, Arnold JP. Bone-cartilage transplantation from the ipsilateral knee for chondral lesions of the talus. *Arthroscopy* 2005;21:159-66.
28. Kiliç A, Kabukçuoğlu Y, Gül M, Ozkaya U, Sökücü S. Early results of open mosaicplasty in osteochondral lesions of the talus. [Article in Turkish] *Acta Orthop Traumatol Turc* 2009;43:235-42.
29. Hangody L, Füles P. Autologous osteochondral mosaicplasty for the treatment of full-thickness defects of weight-bearing joints: ten years of experimental and clinical experience. *J Bone Joint Surg [Am]* 2003;85-A Suppl 2:25-32.
30. Iwasaki N, Kato H, Ishikawa J, Masuko T, Funakoshi T, Minami A. Autologous osteochondral mosaicplasty for osteochondritis dissecans of the elbow in teenage athletes. *J Bone Joint Surg [Am]* 2009;91:2359-66.
31. Sotereanos NG, DeMeo PJ, Hughes TB, Bargiotas K, Wohlrab D. Autogenous osteochondral transfer in the femoral head after osteonecrosis. *Orthopedics* 2008;31:177.
32. Hart R, Janecek M, Visna P, Bucek P, Kocis J. Mosaicplasty

- for the treatment of femoral head defect after incorrect resorbable screw insertion. *Arthroscopy* 2003;19:E1-5.
33. Klinger HM, Baums MH, Otte S, Steckel H. Anterior cruciate reconstruction combined with autologous osteochondral transplantation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2003;11:366-71.
 34. LaPrade RF, Botker J, Herzog M, Agel J. Refrigerated osteoarticular allografts to treat articular cartilage defects of the femoral condyles. A prospective outcomes study. *J Bone Joint Surg [Am]* 2009;91:805-11.
 35. Ueblacker P, Burkart A, Imhoff AB. Retrograde cartilage transplantation on the proximal and distal tibia. *Arthroscopy* 2004;20:73-8.
 36. Jakob RP, Franz T, Gautier E, Mainil-Varlet P. Autologous osteochondral grafting in the knee: indication, results, and reflections. *Clin Orthop Relat Res* 2002;401:170-84.
 37. Unnithan A, Jimulia T, Mohammed R, Learmonth DJ. Unique combination of patellofemoral joint arthroplasty with Osteochondral Autograft Transfer System (OATS) - a case series of six knees in five patients. *Knee* 2008;15:187-90.
 38. Agneskirchner JD, Brucker P, Burkart A, Imhoff AB. Large osteochondral defects of the femoral condyle: press-fit transplantation of the posterior femoral condyle (MEGA-OATS). *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2002;10:160-8.
 39. Hangody L, Kish G, Kárpáti Z, Udvarhelyi I, Szigeti I, Bély M. Mosaicplasty for the treatment of articular cartilage defects: application in clinical practice. *Orthopedics* 1998;21:751-6.
 40. Ahmad CS, Guiney WB, Drinkwater CJ. Evaluation of donor site intrinsic healing response in autologous osteochondral grafting of the knee. *Arthroscopy* 2002;18:95-8.
 41. Jerosch J, Filler T, Peuker E. Is there an option for harvesting autologous osteochondral grafts without damaging weight-bearing areas in the knee joint? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2000;8:237-40.
 42. Oka Y, Ikeda M. Treatment of severe osteochondritis dissecans of the elbow using osteochondral grafts from a rib. *J Bone Joint Surg [Br]* 2001;83:738-9.
 43. Imhoff AB, Burkart A, Ottl GM. Transfer of the posterior femoral condyle. First experience with a salvage operation. *Orthopade* 1999;28:45-51. [Abstract]
 44. Terukina M, Fujioka H, Yoshiya S, Kurosaka M, Makino T, Matsui N, et al. Analysis of the thickness and curvature of articular cartilage of the femoral condyle. *Arthroscopy* 2003;19:969-73.
 45. Ahmad CS, Cohen ZA, Levine WN, Ateshian GA, Mow VC. Biomechanical and topographic considerations for autologous osteochondral grafting in the knee. *Am J Sports Med* 2001;29:201-6.
 46. Outerbridge HK, Outerbridge RE, Smith DE. Osteochondral defects in the knee. A treatment using lateral patella autografts. *Clin Orthop Relat Res* 2000;377:145-51.
 47. Outerbridge HK, Outerbridge AR, Outerbridge RE. The use of a lateral patellar autologous graft for the repair of a large osteochondral defect in the knee. *J Bone Joint Surg [Am]* 1995;77:65-72.
 48. Barber FA, Chow JC. Arthroscopic chondral osseous autograft transplantation (COR procedure) for femoral defects. *Arthroscopy* 2006;22:10-6.
 49. Kordás G, Szabó JS, Hangody L. Primary stability of osteochondral grafts used in mosaicplasty. *Arthroscopy* 2006;22:414-21.
 50. Keeling JJ, Gwinn DE, McGuigan FX. A comparison of open versus arthroscopic harvesting of osteochondral autografts. *Knee* 2009;16:458-62.
 51. Schnettler R, Horas U, Meyer C. Autologous osteochondral transplants. *Orthopade* 2008;37:734-42. [Abstract]
 52. Evans PJ, Miniaci A, Hurtig MB. Manual punch versus power harvesting of osteochondral grafts. *Arthroscopy* 2004;20:306-10.
 53. Huntley JS, Bush PG, McBirnie JM, Simpson AH, Hall AC. Chondrocyte death associated with human femoral osteochondral harvest as performed for mosaicplasty. *J Bone Joint Surg [Am]* 2005;87:351-60.
 54. Duchow J, Hess T, Kohn D. Primary stability of press-fit-implanted osteochondral grafts. Influence of graft size, repeated insertion, and harvesting technique. *Am J Sports Med* 2000;28:24-7.
 55. Miyamoto W, Yamamoto S, Kii R, Uchio Y. Oblique osteochondral plugs transplantation technique for osteochondritis dissecans of the elbow joint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009;17:204-8.
 56. Siebert CH, Miltner O, Schneider U, Weber M, Wahner T, Niedhart C. Filling of osteochondral donor site defects. Experimental study with tricalcium phosphate cement and BMP-2. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2003;141:227-32. [Abstract]
 57. Feczko P, Hangody L, Varga J, Bartha L, Diószegi Z, Bodó G, et al. Experimental results of donor site filling for autologous osteochondral mosaicplasty. *Arthroscopy* 2003;19:755-61.
 58. van Susante JL, Wymenga AB, Buma P. Potential healing benefit of an osteoperiosteal bone plug from the proximal tibia on a mosaicplasty donor-site defect in the knee. An experimental study in the goat. *Arch Orthop Trauma Surg* 2003;123:466-70.
 59. Nakagawa Y, Matsusue Y, Nakamura T. A novel surgical procedure for osteochondritis dissecans of the lateral femoral condyle: Exchanging osteochondral plugs taken from donor and recipient sites. *Arthroscopy* 2002;18:E5.
 60. Borazjani BH, Chen AC, Bae WC, Patil S, Sah RL, Firestein GS, et al. Effect of impact on chondrocyte viability during insertion of human osteochondral grafts. *J Bone Joint Surg [Am]* 2006;88:1934-43.
 61. Whiteside RA, Jakob RP, Wyss UP, Mainil-Varlet P. Impact loading of articular cartilage during transplantation of osteochondral autograft. *J Bone Joint Surg [Br]* 2005;87:1285-91.
 62. Matsusue Y, Kotake T, Nakagawa Y, Nakamura T. Arthroscopic osteochondral autograft transplantation for chondral lesion of the tibial plateau of the knee. *Arthroscopy* 2001;17:653-9.
 63. Nakagawa Y, Suzuki T, Kuroki H, Kobayashi M, Okamoto Y, Nakamura T. The effect of surface incongruity of grafted plugs in osteochondral grafting: a report of five cases. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2007;15:591-6.
 64. Kuroki H, Nakagawa Y, Mori K, Kobayashi M, Okamoto Y, Yasura K, et al. Sequential changes in implanted cartilage after autologous osteochondral transplantation: postoperative acoustic properties up to 1 year in an in vivo rabbit model. *Arthroscopy* 2007;23:647-54.
 65. Makino T, Fujioka H, Terukina M, Yoshiya S, Matsui N, Kurosaka M. The effect of graft sizing on osteochondral

- transplantation. *Arthroscopy* 2004;20:837-40.
66. Kordás G, Szabó JS, Hangody L. The effect of drill-hole length on the primary stability of osteochondral grafts in mosaicplasty. *Orthopedics* 2005;28:401-4.
 67. Kock NB, Van Susante JL, Buma P, Van Kampen A, Verdonshot N. Press-fit stability of an osteochondral autograft: Influence of different plug length and perfect depth alignment. *Acta Orthop* 2006;77:422-8.
 68. Makino T, Fujioka H, Yoshiya S, Terukina M, Matsui N, Kurosaka M. The effect of the small and unstable autologous osteochondral graft on repairing the full-thickness large articular cartilage defect in a rabbit model. *Kobe J Med Sci* 2002;48:97-104.
 69. Rose T, Craatz S, Hepp P, Raczynski C, Weiss J, Josten C, et al. The autologous osteochondral transplantation of the knee: clinical results, radiographic findings and histological aspects. *Arch Orthop Trauma Surg* 2005;125:628-37.
 70. Horas U, Pelinkovic D, Herr G, Aigner T, Schnettler R. Autologous chondrocyte implantation and osteochondral cylinder transplantation in cartilage repair of the knee joint. A prospective, comparative trial. *J Bone Joint Surg [Am]* 2003;85-A:185-92.
 71. Haklar U, Tuzuner T, Uygur I, Kocaoglu B, Guven O. The effect of overlapping on the primary stability of osteochondral grafts in mosaicplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2008;16:651-4.
 72. Braun S, Minzlaff P, Hollweck R, Wörtler K, Imhoff AB. The 5.5-year results of MegaOATS-autologous transfer of the posterior femoral condyle: a case-series study. *Arthritis Res Ther* 2008;10:R68.
 73. Baums MH, Heidrich G, Schultz W, Steckel H, Kahl E, Klinger HM. Autologous chondrocyte transplantation for treating cartilage defects of the talus. *J Bone Joint Surg [Am]* 2006;88:303-8.
 74. Kolker D, Murray M, Wilson M. Osteochondral defects of the talus treated with autologous bone grafting. *J Bone Joint Surg [Br]* 2004;86:521-6.
 75. Scranton PE Jr, Frey CC, Feder KS. Outcome of osteochondral autograft transplantation for type-V cystic osteochondral lesions of the talus. *J Bone Joint Surg [Br]* 2006;88:614-9.
 76. Lee KB, Yang HK, Moon ES, Song EK. Modified step-cut medial malleolar osteotomy for osteochondral grafting of the talus. *Foot Ankle Int* 2008;29:1107-10.
 77. Kreuz PC, Steinwachs M, Erggelet C, Lahm A, Henle P, Niemeyer P. Mosaicplasty with autogenous talar autograft for osteochondral lesions of the talus after failed primary arthroscopic management: a prospective study with a 4-year follow-up. *Am J Sports Med* 2006;34:55-63.
 78. Sasaki K, Ishibashi Y, Sato H, Toh S. Arthroscopically assisted osteochondral autogenous transplantation for osteochondral lesion of the talus using a transsalleolar approach. *Arthroscopy* 2003;19:922-7.
 79. Paul J, Sagstetter A, Kriner M, Imhoff AB, Spang J, Hinterwimmer S. Donor-site morbidity after osteochondral autologous transplantation for lesions of the talus. *J Bone Joint Surg [Am]* 2009;91:1683-8.
 80. Valderrabano V, Leumann A, Rasch H, Egelhof T, Hintermann B, Pagenstert G. Knee-to-ankle mosaicplasty for the treatment of osteochondral lesions of the ankle joint. *Am J Sports Med* 2009;37 Suppl 1:1055-1115.
 81. Nakaji N, Fujioka H, Nagura I, Kokubu T, Makino T, Sakai H, et al. The structural properties of an osteochondral cylinder graft-recipient construct on autologous osteochondral transplantation. *Arthroscopy* 2006;22:422-7.
 82. Kleemann RU, Schell H, Thompson M, Epari DR, Duda GN, Weiler A. Mechanical behavior of articular cartilage after osteochondral autograft transfer in an ovine model. *Am J Sports Med* 2007;35:555-63.
 83. Muehleman C, Li J, Abe Y, Pfister B, Sah RL, Phipps R, et al. Effect of risedronate in a minipig cartilage defect model with allograft. *J Orthop Res* 2009;27:360-5.
 84. Tägil M, Aspenberg P, Astrand J. Systemic zoledronate pre-coating of a bone graft reduces bone resorption during remodeling. *Acta Orthop* 2006;77:23-6.
 85. Iwasaki N, Kato H, Kamishima T, Minami A. Sequential alterations in magnetic resonance imaging findings after autologous osteochondral mosaicplasty for young athletes with osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. *Am J Sports Med* 2009;37:2349-54.
 86. Kircher J, Patzer T, Magosch P, Lichtenberg S, Habermeyer P. Osteochondral autologous transplantation for the treatment of full-thickness cartilage defects of the shoulder: results at nine years. *J Bone Joint Surg [Br]* 2009;91:499-503.
 87. Leo BM, Turner MA, Diduch DR. Split-line pattern and histologic analysis of a human osteochondral plug graft. *Arthroscopy* 2004;20 Suppl 2:39-45.
 88. Lane JG, Tontz WL Jr, Ball ST, Massie JB, Chen AC, Bae WC, et al. A morphologic, biochemical, and biomechanical assessment of short-term effects of osteochondral autograft plug transfer in an animal model. *Arthroscopy* 2001;17:856-63.
 89. Sun J, Hou XK, Li X, Tang TT, Zhang RM, Kuang Y, et al. Mosaicplasty associated with gene enhanced tissue engineering for the treatment of acute osteochondral defects in a goat model. *Arch Orthop Trauma Surg* 2009;129:757-71.
 90. Bentley G, Biant LC, Carrington RW, Akmal M, Goldberg A, Williams AM, et al. A prospective, randomised comparison of autologous chondrocyte implantation versus mosaicplasty for osteochondral defects in the knee. *J Bone Joint Surg [Br]* 2003;85:223-30.
 91. Hangody L, Kish G, Módos L, Szerb I, Gáspár L, Diószegi Z, et al. Mosaicplasty for the treatment of osteochondritis dissecans of the talus: two to seven year results in 36 patients. *Foot Ankle Int* 2001;22:552-8.
 92. Mithoefer K, Hambly K, Della Villa S, Silvers H, Mandelbaum BR. Return to sports participation after articular cartilage repair in the knee: scientific evidence. *Am J Sports Med* 2009;37 Suppl 1:1675-765.
 93. Gudas R, Stankevicius E, Monastyreckiene E, Pranys D, Kalesinskas RJ. Osteochondral autologous transplantation versus microfracture for the treatment of articular cartilage defects in the knee joint in athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006;14:834-42.
 94. Dozin B, Malpeli M, Cancedda R, Bruzzi P, Calcagno S, Molfetta L, et al. Comparative evaluation of autologous chondrocyte implantation and mosaicplasty: a multicentered randomized clinical trial. *Clin J Sport Med* 2005;15:220-6.
 95. 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.
 96. Solheim E, Hegna J, Oyen J, Austgulen OK, Harlem T, Strand T. Osteochondral autografting (mosaicplasty) in articular

- cartilage defects in the knee: results at 5 to 9 years. *Knee* 2010;17:84-7.
97. Bentley G, Biant LC, Carrington RW, Akmal M, Goldberg A, Williams AM, et al. A prospective, randomised comparison of autologous chondrocyte implantation versus mosaicplasty for osteochondral defects in the knee. *J Bone Joint Surg [Br]* 2003;85:223-30.
 98. Scheibel M, Bartl C, Magosch P, Lichtenberg S, Habermeyer P. Osteochondral autologous transplantation for the treatment of full-thickness articular cartilage defects of the shoulder. *J Bone Joint Surg [Br]* 2004;86:991-7.
 99. Kokkinakis M, Kafchitsas K, Rajeev A, Mortier J. Is MRI useful in the early follow-up after autologous osteochondral transplantation? *Acta Orthop Belg* 2008;74:636-42.
 100. Ghazavi MT, Pritzker KP, Davis AM, Gross AE. Fresh osteochondral allografts for post-traumatic osteochondral defects of the knee. *J Bone Joint Surg [Br]* 1997;79:1008-13.
 101. Nemecek SF, Marlovits S, Trattnig S. Persistent bone marrow edema after osteochondral autograft transplantation in the knee joint. *Eur J Radiol* 2009;71:159-63.
 102. Reddy S, Pedowitz DI, Parekh SG, Sennett BJ, Okereke E. The morbidity associated with osteochondral harvest from asymptomatic knees for the treatment of osteochondral lesions of the talus. *Am J Sports Med* 2007;35:80-5.
 103. Hangody L, Feczkó P, Bartha L, Bodó G, Kish G. Mosaicplasty for the treatment of articular defects of the knee and ankle. *Clin Orthop Relat Res* 2001;(391 Suppl):S328-36.
 104. LaPrade RF, Botker JC. Donor-site morbidity after osteochondral autograft transfer procedures. *Arthroscopy* 2004;20:e69-73.
 105. Fowler DE 3rd, Hart JM, Hart JA, Miller MD. Donor-site giant cell reaction following backfill with synthetic bone material during osteochondral plug transfer. *J Knee Surg* 2009;22:372-4.
 106. Iwasaki N, Kato H, Kamishima T, Suenaga N, Minami A. Donor site evaluation after autologous osteochondral mosaicplasty for cartilaginous lesions of the elbow joint. *Am J Sports Med* 2007;35:2096-100.
 107. 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.
 108. Atik OS, Uslu MM, Eksioğlu F. Osteochondral multiple autograft transfer (OMAT) for the treatment of cartilage defects in the knee joint. *Bull Hosp Jt Dis* 2005;63:37-40.
 109. Barber FA, Chow JC. Arthroscopic osteochondral transplantation: Histologic results. *Arthroscopy* 2001;17:832-5.
 110. Goldberg VM, Heiple KG. Experimental hemijoint and whole-joint transplantation. *Clin Orthop Relat Res* 1983;174:43-53.
 111. Williams RJ 3rd, Ranawat AS, Potter HG, Carter T, Warren RF. Fresh stored allografts for the treatment of osteochondral defects of the knee. *J Bone Joint Surg [Am]* 2007;89:718-26.
 112. Raikin SM. Stage VI: massive osteochondral defects of the talus. *Foot Ankle Clin* 2004;9:737-44.
 113. Jamali AA, Emmerson BC, Chung C, Convery FR, Bugbee WD. Fresh osteochondral allografts: results in the patellofemoral joint. *Clin Orthop Relat Res* 2005;437:176-85.
 114. Flynn JM, Springfield DS, Mankin HJ. Osteoarticular allografts to treat distal femoral osteonecrosis. *Clin Orthop Relat Res* 1994;303:38-43.