

Sporcularda kıkırdak lezyonlarının yönetimi

Management of cartilage lesions in athletes

Mahmud Aydın^{1,2}, Serkan Sürücü³, Mahir Mahiroğulları²

¹Üsküdar Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul

²Memorial Şişli Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

³Maslak Acıbadem Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

Sporcularda kıkırdak yaralanmaları, yüksek mekanik stres, ani yön değişiklikleri ve mikrotravmalar sonucu gelişen, performansı ve kariyer süresini etkileyen önemli patolojilerdir. Kıkırdak dokusunun avasküler yapısı nedeniyle iyileşme kapasitesi sınırlıdır ve osteoartrit riski artar. Tanıda manyetik rezonans görüntüleme (MRG), altın standarttır, artroskopi ise hem tanı hem tedavi planlamasında en güvenilir yöntemdir. Küçük lezyonlarda konservatif tedavi veya mikrokirik uygulanabilirken, ileri olgularda osteokondral otograft (mozaikplasti), otolog kondrosit implantasyonu (ACI/MACI) ve osteokondral allograft (OCA) gibi biyolojik yöntemler tercih edilir. Mozaikplasti hızlı spora dönüş sağlar, ACI uzun dönem başarılı fonksiyonel sonuçlarıyla öne çıkar, OCA ise geniş veya kompleks defektlerde etkilidir. Tek bir ideal yöntem olmamakla birlikte, uygun cerrahi seçim, dikkatli rehabilitasyon ve koruyucu yaklaşımlar tedavi başarısının temelini oluşturur.

Anahtar sözcükler: biyolojik tedavi; kıkırdak yaralanması; mikrokirik; mozaikplasti; osteokondral allograft; otolog kondrosit implantasyonu

Cartilage injuries in athletes occur as a result of high mechanical stress, sudden directional changes, and repetitive microtrauma, significantly affecting both performance and career longevity. Due to the avascular structure of cartilage tissue, its regenerative capacity is limited, increasing the risk of osteoarthritis. Magnetic resonance imaging (MRI) is considered the gold standard in diagnosis, while arthroscopy remains the most reliable method for both diagnosis and treatment planning. Conservative management or microfracture may be preferred for small lesions, whereas advanced cases often require biological reconstruction techniques such as osteochondral autograft transplantation (mosaicplasty), autologous chondrocyte implantation (ACI/MACI), or osteochondral allograft transplantation (OCA). Mosaicplasty allows for rapid return to sport, ACI offers superior long-term functional outcomes, and OCA is effective in large or complex defects. Although there is no single ideal method, proper surgical selection, careful rehabilitation, and preventive approaches form the cornerstone of successful treatment.

Key words: biologic therapy; cartilage injury; microfracture; mosaicplasty; osteochondral allograft; autologous chondrocyte implantation

Sporcularda kıkırdak yaralanmaları, yüksek mekanik stres, ani yön değişiklikleri, tekrarlayan mikro travmalar ve direkt darbeler sonucu ortaya çıkan, kariyer süresini ve performansı doğrudan etkileyen önemli klinik sorunlardır. Kıkırdak dokusunun, avasküler ve düşük hücre yoğunluklu yapısı nedeniyle rejenerasyon kapasitesi sınırlıdır; bu durum osteoartrite ilerleme riskini artırmaktadır.^[1] Kıkırdak iyileşmesindeki temel problem, defekt alanında tamir için gerekli yapının yokluğudur; bu nedenle ek biyolojik tedavi yaklaşımlarına ihtiyaç duyulur.^[2]

Kıkırdak lezyonları genel popülasyona kıyasla sporcularda önemli ölçüde daha sık görülür. Örneğin; pro-

fesyonel basketbolcularda fokal kondral defekt oranı %40-50'ye ulaşmaktadır.^[3] Bu nedenle erken tanı, uygun cerrahi seçimi ve bireyselleştirilmiş rehabilitasyon programı hem performansın devamı hem de uzun dönem eklem sağlığı açısından korumada kritik öneme sahiptir.^[2,3]

KIKIRDAK ANATOMİSİ VE BİYOMEKANİĞİ

Eklem kıkırdağı, tip II kollajen ve proteoglikan zengini matriks içeren, yüzeyel, geçiş ve derin zonlardan oluşan yüksek elastik modüllü bir dokudur.^[4] Yüzeyel zon makaslama kuvvetlerine direnç gösterirken derin zon sıkıştırma kuvvetlerini absorbe eder. Avasküler yapısı

nedeniyle beslenmesi sinoviyal sıvı difüzyonuyla sağlanır.^[5] Sporcularda tekrarlayan mikrotravmalar, proteoglikan kaybı ve kollajen fibril organizasyonunda bozulmaya yol açarak matriks bütünlüğünü zayıflatır.^[6] Bu durum özellikle yüksek sıçrama ve pivot hareketlerinin yoğun olduğu basketbol, futbol ve hentbol gibi sporlarda kronik kıkırdak aşınmasına neden olur.

KIKIRDAK YARALANMA ETİYOLOJİ VE PATOFİZYOLOJİ

Sporcularda kıkırdak lezyonları dört ana mekanizmayla ilişkilidir:^[7]

1. **Akut Travma:** Direkt çarpma veya ani rotasyonel stres sonucu fokal kondral/osteokondral defektler.
2. **Kronik Aşırı Yüklenme:** Özellikle yüksek frekanslı antrenmanlarda gelişen mikroskobik matriks yıkımı.^[8]
3. **Biyomekanik Anormallikler:** Femoroasetabular impingement veya alt ekstremitte dizilim bozukluğu gibi mekanik bozukluklar.
4. **Eşlik Eden Yaralanmalar:** Menisküs veya bağ lezyonlarının eklem yük dağılımını bozması.^[9]

Lezyon paternleri spor branşına göre değişiklik gösterir; diz en sık etkilenen eklem olup patellofemoral eklem tutulumu %70'e kadar ulaşmaktadır.^[3] Futbolcularda femoral kondil lezyonları daha baskınken, atıcı sporcularda dirsek ve omuz eklemleri daha sık etkilenir.^[10]

KLİNİK DEĞERLENDİRME VE GÖRÜNTÜLEME

Kıkırdak lezyonlarının klinik bulguları genellikle spesifik olmayan ve sporcunun performansını belirgin şekilde etkileyebilen ağrı, şişlik, ısı artışı, krepitasyon gibi belirtilerle kendini gösterir.^[11] Ancak sporcularda semptomlar çoğu zaman aktiviteyle ilişkili olduğu için detaylı anamnez ve fonksiyonel değerlendirme büyük önem taşır.

Radyografik Değerlendirme

Radyografik değerlendirme için dört yönlü diz grafileri (ön-arka, yan, Rosenberg, Merchant) kemik yapıların analizini sağlar. Manyetik rezonans görüntüleme, kıkırdak yapıların değerlendirilmesinde altın standarttır ve *Proton Density-Fat Saturation* (PD-FS), *T2-Weighted Fast Spin Echo* (T2-FSE) ve *T1 Rho Imaging* (T1p) sekansları lezyonun derinliği ile matriks bütünlüğünü ayrıntılı biçimde gösterir.^[12] Gerektiğinde 3D MRG ve MR artrografi kullanılabilir. Artroskopisi hem tanı hem de tedavi planlamasında en güvenilir yöntemdir ve lezyon derecelendirmesinde Uluslararası Kıkırdak Onarımı Derneği (ICRS) ve Outerbridge sınıflamaları yaygın olarak kullanılır.^[3]

Kıkırdak lezyon tipleri

Farooq ve ark. sporcularda MRG'ye göre şu başlıca lezyon tiplerini tanımlamışlardır:^[6]

- **Kondral fibrilasyon:** Yüzeysel tabakada düzensizlik ve incelme (ICRS I-II).
- **Kondral fissür:** Derin kısmi yırtıklar (ICRS II-III).
- **Delaminasyon:** Kıkırdağın subkondral kemikten ayrılması, sıklıkla diz medial femur kondilinde.
- **Kondral flap:** Yarı serbest ve instabil parçalar.
- **Osteokondral defekt (OCL/OCD):** Kıkırdak ve kemik bütünlüğünü bozan derin lezyonlar.

Lezyonun tipi, derinliği ve stabilitesi tedavi seçiminde belirleyici olup, yüzeysel fibrilasyon konservatif yöntemlerle izlenebilirken instabil delaminasyon ve flap lezyonları cerrahi müdahale gerektirir.

TEDAVİ YAKLAŞIMLARI

Konservatif Tedavi

Semptomatik ve küçük lezyonlarda ilk basamak konservatif yaklaşım olarak önerilmektedir.^[1,2] Analjezik, steroid olmayan antienflamatuvar ilaçlar (NSAID), plateletten zengin plazma (PRP), hyalüronik asit enjeksiyonları, yük modifikasyonu ve kas kuvvetlendirme egzersizleri önerilir.^[8] Sporcularda bu tedavi yöntemleri geçici semptomatik rahatlama sağlamakta fakat kıkırdak lezyonlarının yapısal düzeyde kalıcı restorasyonunu sağlamamaktadır.^[8,13]

Kıkırdak koruyucu yaklaşımlar, eklem biyolojisini korumaya ve kıkırdak yıkımını önlemeye yöneliktir.^[8]

- Hyalüronik asit enjeksiyonları eklem sıvısının viskoelastik özelliklerini artırarak sürtünmeyi azaltır ve mekanik yüklenmeye karşı koruma sağlar.
- Ortobiyolojik ajanlar, kondrosit metabolizmasını destekleyip antienflamatuvar etki gösterir.
- Steroidal olmayan antienflamatuvar ilaçlar ve antioksidanlar, kıkırdak hücre hasarına yol açan enflamatuvar sitokinlerin etkisini sınırlandırır.

Kıkırdak kolaylaştırıcı yaklaşımlar ise, kıkırdak rejenerasyonunu destekleyen biyomekanik ve biyolojik faktörlerin optimize edilmesini hedefler.^[13]

- Kas kuvvetlendirme ve proprioseptif egzersizler eklem stabilitesini artırarak yük dağılımını dengeler,
- Kilo kontrolü ve aktivite modifikasyonu eklem üzerine binen stresi azaltır,
- Biyomekanik destekler (ortez, tabanlık) yanlış yüklenmeleri düzeltir ve kıkırdak yüzeyinde basınç konsantrasyonunu önler.

Ortobiyolojik Ajanlar

Ortobiyolojik ajanlar, kıkırdak lezyonlarının tedavisinde genellikle yardımcı tedavi yöntemi olarak değerlendirilir ve çoğu zaman diğer cerrahi veya konservatif tedavilerin etkinliğini artırmaya yönelik uygulanır. Bu ajanların etkinliği, hastaya özgü biyolojik faktörler, hazırlama protokollerindeki farklılıklar ve uygulama teknikleri gibi değişkenliklere bağlı olarak önemli ölçüde farklılık gösterebilir.^[14] Sterilizasyon süreçlerinin titizlikle sağlanması, enfeksiyon riskini azaltması açısından kritik öneme sahip olmakla birlikte, bu alanda hâlen standardizasyon eksikliği bulunmaktadır. Son yıllarda yeni hücreler ve biyolojik destek materyallerinin klinik uygulamaya girmesiyle birlikte, spor hekimlerinin güncel literatürü yakından takip etmesi tedavi güvenliği ve etkinliği açısından zorunlu hâle gelmiştir.^[15,16]

Başlıca Ortobiyolojik Ajanlar

- **Plateletten Zengin Plazma (PRP):** Trombositlerden salınan büyüme faktörleri aracılığıyla doku iyileşmesini uyarır. Kullanım alanı geniş olmakla birlikte protokoller arasında farklılıklar mevcuttur.
- **Bone Marrow Aspirate Concentrate:** Kemik iliği kökenli mezenkimal kök hücreler, büyüme faktörleri ve sitokinler içeriğiyle kıkırdak ve kemik iyileşmesinde katkı sağlar.
- **Adipose-Derived Stem Cells:** Yüksek hücre yoğunluğu ve kolay elde edilebilirliği nedeniyle son yıllarda popüler hâle gelmiştir.
- **Amniyotik Membran Ürünleri:** Antienflamatuvar ve anjiyojenik özellikleri sayesinde doku rejenerasyonunu destekler, ancak klinik kanıt düzeyi hâlen sınırlıdır.

CERRAHİ TEDAVİ

Cerrahi karar, lezyonun boyutu, derinliği, lokalizasyonu, sporcunun yaşı ve sezondaki konumu dikkate alınarak verilmelidir (Tablo 1).^[1,17]

Debridman

Debridman eklem içi mekanik iritasyon oluşturan yüzeysel ve instabil kondral parçaların temizlenmesini amaçlayan girişimdir. Geçmişte daha sık tercih edilmesine karşın, uzun dönem sonuçlarının kısıtlı olması nedeniyle, günümüzde daha dar endikasyonlarla uygulanmaktadır.^[18] Genellikle düşük fiziksel aktivite düzeyine sahip hastalarda veya küçük, yüzeysel ve mekanik şikâyet oluşturan lezyonlarda kısa süreli semptomatik rahatlatma sağlamaya yöneliktir. Sporcularda ise tek başına debridman, yüksek yüklenme düzeyi nedeniyle çoğu zaman yetersiz kalmakta ve daha kapsamlı biyolojik tedaviler tercih edilmektedir.

Mikrokırık

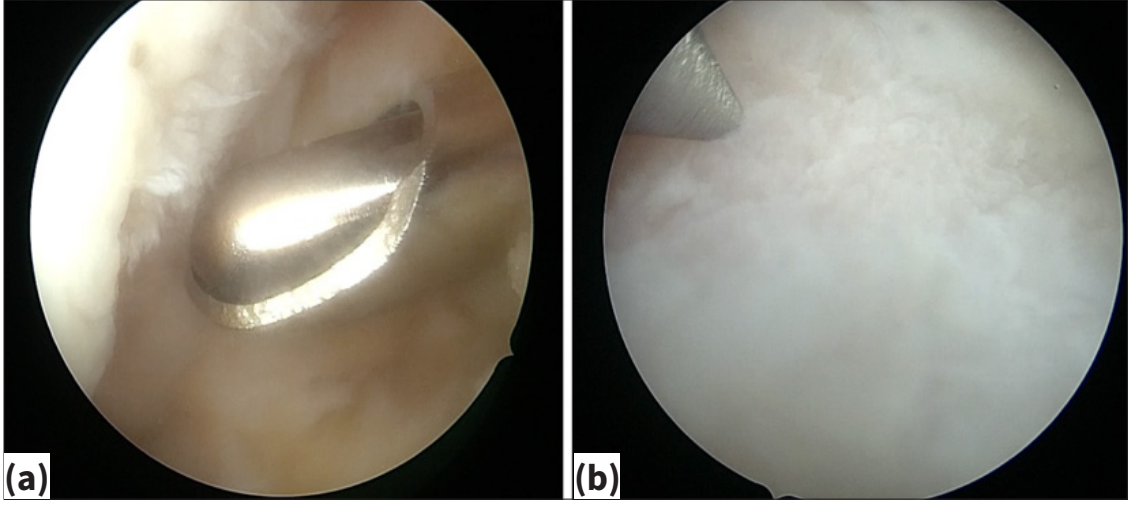
Mikrokırık, özellikle küçük, fokal ve semptomatik kıkırdak lezyonlarının tedavisinde kullanılan bir tekniktir. Bu yöntemde subkondral kemiğe küçük perforasyonlar yaparak, kemik iliğinden köken alan mezenkimal kök hücrelerin lezyon bölgesine göç etmesi sağlamayı amaçlanır.^[19] Bu hücreler fibrokartilajinöz doku oluşturarak defekt alanını doldurur. Ancak oluşan fibrokartilajinöz doku, hyalin kıkırdak kadar dayanıklı değildir ve uzun dönem fonksiyonel kazanımları belirgin şekilde azalmaktadır. Bu nedenle mikrokırık, özellikle küçük ve yüklenmenin daha az bölgelerin lezyonlarında tercih edilmesi gereken geçici bir çözüm olarak kabul edilmektedir (Şekil 1).^[20,21]

Yerine Tespit (Fiksasyon)

Yerine tespit, özellikle ayrılabilir veya instabil kondral/osteokondral fragmanların bulunan hastalarda tercih edilen bir tedavi yaklaşımıdır. Başarılı tespit için kıkırdak dokusunun canlılığı, subkondral kemiğin bütünlüğü ve fragmanın stabilize potansiyeli kritik öneme sahiptir. Fragman içerisinde kemik komponentinin bulunması biyomekanik stabilizeyi artırdığı için başarı oranlarını anlamlı şekilde yükseltmektedir.^[1,2]

Tablo 1. Kıkırdak lezyonlarının tedavisinde kullanılan güncel cerrahi tedaviler^[1]

Yöntem	Endikasyon	Spora Dönüş (%)	Avantaj/Dezavantaj
Debridman/Kondroplasti	<2 cm ² yüzeysel lezyon	65-75	Hızlı iyileşme, fibröz kıkırdak formasyonu
Mikrokırık	<2 cm ² fokal defekt	68-83	Uygulaması kolay ancak fibröz kıkırdak, dayanıklılığı düşük
Osteokondral Ototograft	Küçük (<2 cm ²) yüksek dereceli lezyonlar	89-94	Hyalin kıkırdak onarımı, donör saha morbiditesi
Osteokondral Allograft	Büyük (>2,5 cm ²) defektler	72-82	Tek seanslı; rejeksiyon riski, maliyet yüksek
Otolog Kondrosit İmplantasyonu	Geniş yüzeysel veya patellofemoral lezyonlar	73-84	Yüksek kalite onarım, iki aşamalı işlem



Şekil 1.a,b. Artroskopik mikrokirik uygulamasında lezyon hazırlığı (a,b).

Osteokondral Otogreft Transferi (Mozaikplasti)

Osteokondral otogreft transferi (OAT) veya mozaikplasti, yük taşımayan alanlardan alınan silindirik osteokondral otogreftlerin defekt bölgesine mozaik biçiminde yerleştirilmesiyle hem hyalin kıkırdak hem de subkondral kemik dokusunun anatomik ve fonksiyonel bütünlüğü yeniden sağlanmasını amaçlar.^[1,4,8]

Literatürde mozaikplasti, özellikle genç ve aktif sporcularda yüksek fonksiyonel oranları ve erken spora dönüşle öne çıkmaktadır.^[22] Amai ve ark.'nın çalışmalarında ise osteokondritis disekans olgularında osteokondral otolog transplantasyonun, fiksasyonla birlikte uygulandığında tatmin edici fonksiyonel sonuçlar ve erken rehabilitasyon avantajı sunduğunu bildirmiştir.^[23] Ancak donör saha morbiditesi ve alınabilecek greft sayısının kısıtlı olması, geniş defektlerde uygulamayı sınırlandıran faktörlerdir (Şekil 2).

Otolog Kondrosit İmplantasyonu

Otolog kondrosit implantasyonu (ACI), hastanın sağlam kıkırdak bölgesinden alınan kondrositlerin laboratuvar ortamında çoğaltılarak defekt bölgesine implant edilmesi esasına dayanır.^[24] Geleneksel ACI yönteminde periostla kapatma işlemi teknik zorluk ve komplikasyon riski yaratırken, günümüzde yaygınlaşan matris destekli ACI (MACI) teknikleri daha kontrollü hücre dağılımı ve daha iyi doku entegrasyonu sunmaktadır.^[25] Literatüre göre MACI, özellikle geniş yüzeyel defektlerde uzun dönem fonksiyonel sonuçları ile dikkat çekmektedir (Şekil 3).^[25]

Osteokondral Allogreft Transferi

Osteokondral allogreft transplantasyonu (OCA), geniş ve derin veya kombine kıkırdak-kemik defektlerinin teda-

visinde tercih edilen ileri düzeyde biyolojik rekonstrüksiyon yöntemidir. Özellikle osteokondritis disekans (OCD), avasküler nekroz (AVN) ve önceki cerrahi girişimlerin başarısız olduğu olgularda etkili bir seçenektir.^[26-28] Spora dönüş oranları literatürde değişiklik gösterse de özellikle futbolcularda %80'e yakın dönüş oranı bildiren çalışmalar mevcuttur.^[8,29] Tek seanslı bir işlem olması, defektin anatomik olarak restore edilebilmesi ve büyük lezyonlarda etkinlik sağlaması başlıca avantajlarıdır.

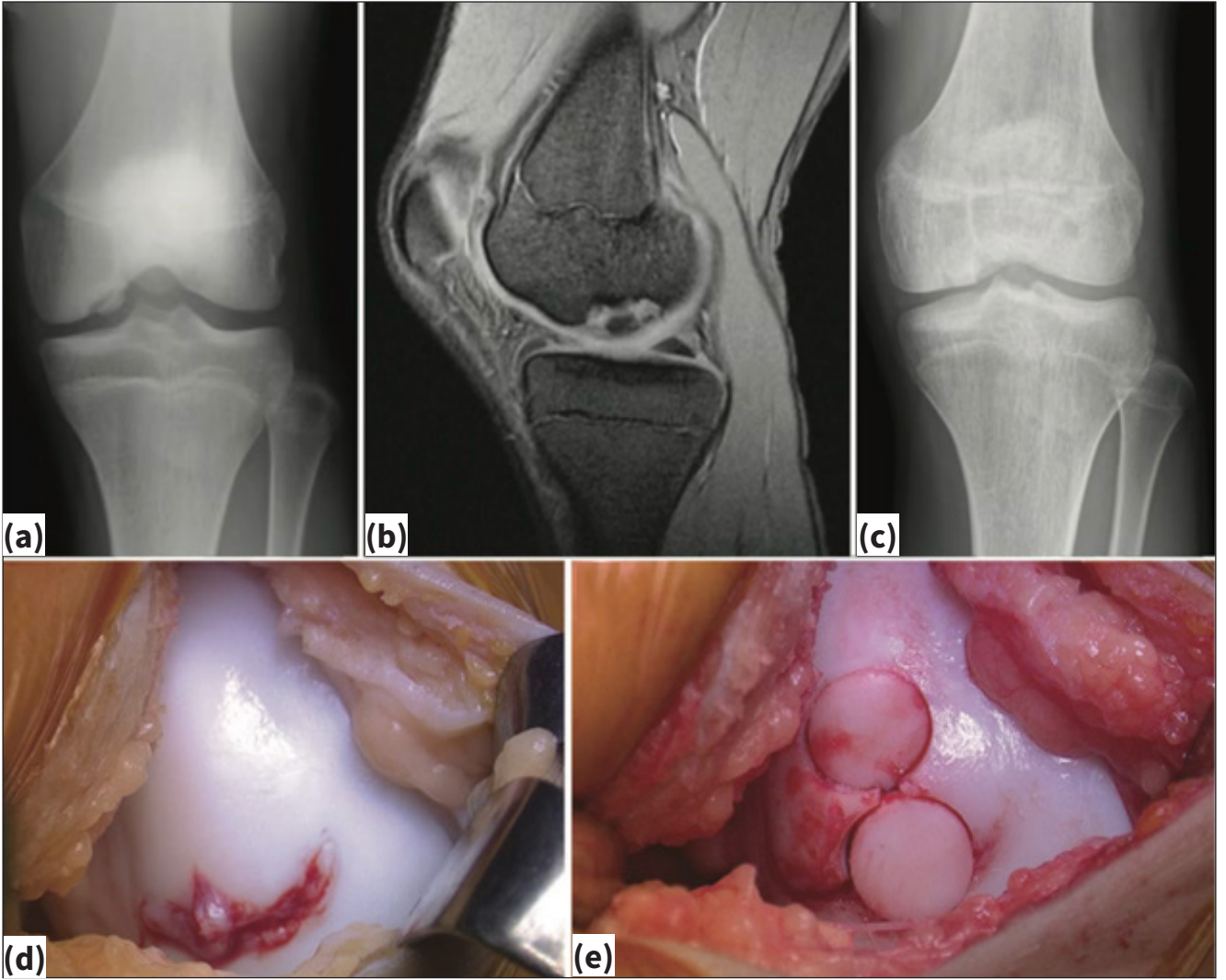
Yenilikçi ve Biyolojik Yaklaşımlar

Son yıllarda tek aşamalı biyolojik rekonstrüksiyon teknikleri-*minced cartilage*, Biocartilage ve Cartiform uygulamaları- sporcularda artan ilgi görmektedir. Bu yöntemlerde ince öğütülmüş kıkırdak partikülleri veya matris bazlı biyolojik destek materyalleri fibrin yapıştırıcıyla defekt bölgesine uygulanarak hücre sel onarımının hızlandırılması amaçlanmaktadır. İlk klinik sonuçlar umut verici olmakla birlikte, bu tekniklere ilişkin uzun dönem kanıtlar hâlen sınırlıdır ve geniş örneklemli çalışmalara ihtiyaç vardır.^[3] Yöntemlerin tek aşamalı olması cerrahi süreci kolaylaştırır da oluşturulan dokunun biyomekanik dayanıklılığı ve uzun süreli fonksiyonel performansı konusunda daha fazla veri gerekmektedir.

REHABİLİTASYON VE SPORA DÖNÜŞ

Kıkırdak cerrahisi sonrası rehabilitasyon, tedavi başarısının ayrılmaz bir parçasıdır ve uygulanan cerrahi tekniğe özgü protokoller gerektirir.^[29]

- **Erken dönem (0-6 hafta):** Eklem koruması, kısıtlı yüklenme (<20%), pasif hareket açıklığı egzersizleri.



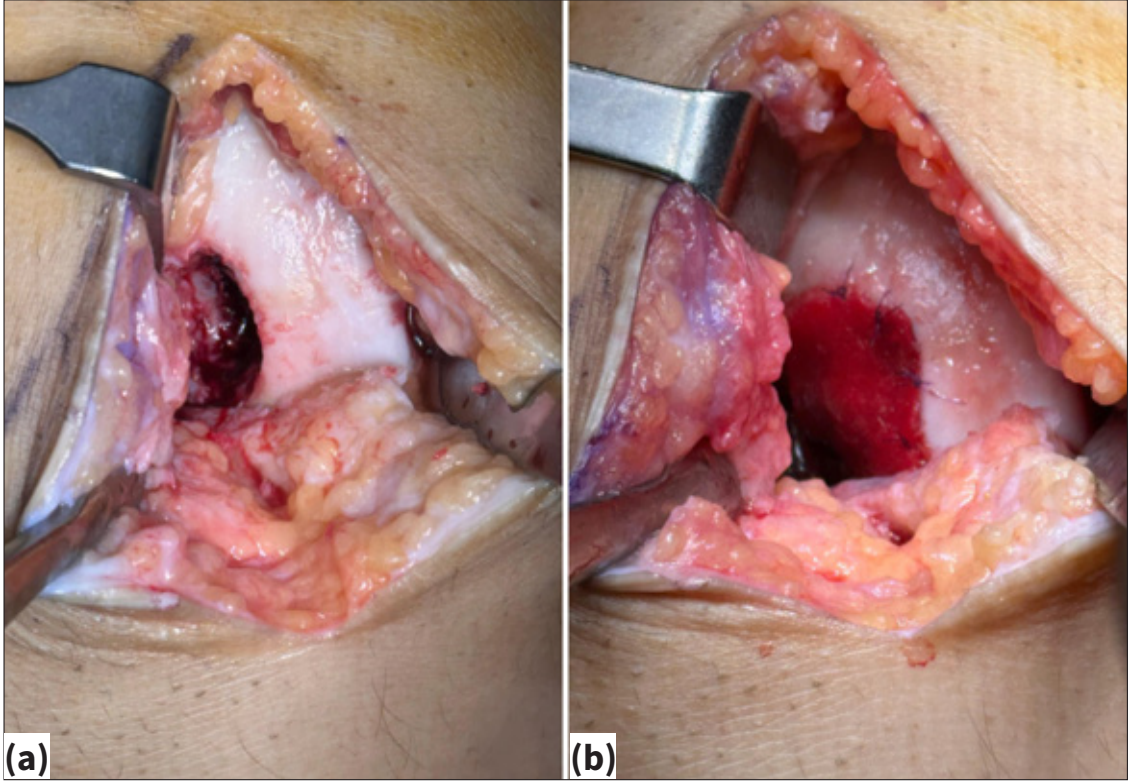
Şekil 2.a-e. Osteokondral otogreft transferi (mozaikplasti) uygulanan hastanın ameliyat öncesi sol diz ön-arka (a), sagittal MRG kesit (b) görüntülerinde osteokondral defekt görünümü ve ameliyat sonrası diz ön-arka grafisinde eklem yüzey restorasyonu sağlanması (c) ile femur medial kondildeki osteokondral hasarın (d) osteokondral greftle tedavi uygulanmasının (e) ameliyat sırasındaki görünümü.

- **Orta dönem (6-12 hafta):** Kas kuvvetlendirme, propriosepsiyon eğitimi, ağrısız aktif hareket.
- **Geç dönem (3-6 ay):** Spora özgü becerilerin geri kazanımı, düşük yoğunluklu koşular.

Spora dönüş kararı, yalnızca zaman temelli değil, aynı zamanda fonksiyon temelli objektif kriterlere göre verilmelidir. Ağrısız tam eklem hareket açıklığı, kuadriseps kuvvetinin karşı tarafın en az %85'ine ulaşması, eklem stabilitesinin sağlanması ve efüzyonun minimal olması temel gereklilikler arasındadır. Osteokondral otogreft transferi ve OCA uygulanan sporcularda spora dönüş süresi genel olarak 6-12 ay arasında değişirken, ACI/MACI sonrası bu süre 12-18 aya kadar uzayabilmektedir. Spora dönüş sürecinin bireyselleştirilmesi, tedavinin uzun dönem başarısı için kritik öneme sahiptir.

SONUÇ

Kıkırdak onarımı alanında günümüzde hâlen ideal ve kalıcı bir tedavi yöntemi bulunmamaktadır. Bu nedenle prelinik hayvan çalışmaları hücresel tedaviler, doku mühendisliği yöntemleri ve biyomateryal temelli stratejiler gibi yenilikçi yaklaşımların geliştirilmesinde önemli bir bilimsel temel oluşturmaktadır.^[30,31] Klinik uygulamada ise her kıkırdak lezyonu cerrahi girişim gerektirmedikinden, doğru hasta seçimi ve konservatif tedavinin etkin uygulanması ilk basamak yaklaşım olarak önemini korumaktadır. Cerrahi planlanan olgularda mikrokırık, mozaikplasti, matriks destekli implantlar ve OCA gibi yöntemler; lezyonun boyutu, yerleşimi ve sporcunun aktivite düzeyi dikkate alınarak seçilmelidir.



Şekil 3.a,b. Matris destekli otolog kondrosit implantasyonu (MACI) cerrahi görüntüleri. Eklem yüzeyindeki kırıldık defektin sınırlarının belirlenmesi ve lezyonun bölgesinin hazırlanması (a), hücre içeren matris implantının defekt alanına anatomik uyum sağlayacak şekilde yerleştirilmiş son hâli (b).

KAYNAKLAR

1. Krych AJ, Saris DBF, Stuart MJ, Hacken B. Cartilage injury in the knee: Assessment and treatment options. J Am Acad Orthop Surg 2020;28(22):914-22. [Crossref](#)
2. Ghivizzani SC, Oligino TJ, Robbins PD, Evans CH. Cartilage injury and repair. Phys Med Rehabil Clin N Am 2000;11(2):289-307 [Crossref](#)
3. Huddleston HP, Chahla J, Cole BJ, Yanke AB. Management of Knee Cartilage Injuries in Basketball. In: Laver L, editor. Basketball Sports Medicine and Science. ESSKA;2020. p. 379-90. [Crossref](#)
4. Buckwalter JA, Mankin HJ. Articular cartilage. II. Degeneration and osteoarthritis, repair, regeneration, and transplantation. J Bone Jt Surg 1997;79: 612-32. [Crossref](#)
5. Sophia Fox AJ, Bedi A, Rodeo SA. The basic science of articular cartilage: Structure, composition, and function. Sports Health 2009;1(6):461-8. [Crossref](#)
6. Farooq M, Dan-Lantsman C, Belair JA. Cartilage injury patterns in the professional athlete. J Cartilage Joint Preservation 2024;4:100148. [Crossref](#)
7. Goldring MB, Goldring SR. Osteoarthritis. J Cell Physiol 2007;213(3):626-34. [Crossref](#)
8. Murray IR, Benke MT, Mandelbaum BR. Management of knee articular cartilage injuries in athletes. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2016;24(5):1617-26. [Crossref](#)
9. Harris JD, Brophy RH, Siston RA, Flanigan DC. Treatment of chondral defects in the athlete's knee. Arthroscopy 2010;26(6):841-52. [Crossref](#)
10. Andriolo L, Marín Fermín T, Chiari Gaggia GMM, Serner A, Kon E, Papakostas E, et al. Knee cartilage injuries in football players: Clinical outcomes and return to sport after surgical treatment: A systematic review of the literature. Cartilage 2025;16(1):46-60. [Crossref](#)
11. Brittberg M, Winalski CS. Evaluation of cartilage injuries and repair. J Bone Joint Surg Am 2003;85(2):58-69. [Crossref](#)
12. Krych AJ, Pareek A, King AH, Johnson NR, Stuart MJ, Williams RJ. Return to sport after surgical management of articular cartilage lesions. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2017;25(10):3186-96. [Crossref](#)
13. Van der Heijden RA, Lankhorst NE, van Linschoten R, Bierma-Zeinstra SM, van Middelkoop M. Exercise for treating patellofemoral pain syndrome. Cochrane Database Syst Rev 2015;1(1):CD010387. [Crossref](#)
14. Noback PC, Donnelley CA, Yeatts NC, Parisien RL, Fleischli JE, Ahmad CS, et al. Utilization of orthobiologics by sports medicine physicians: a survey-based study. J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev 2021;5(1): e20.00185. [Crossref](#)
15. Cole BJ, Gilat R, DiFiori J, Rodeo SA, Bedi A. The 2020 NBA orthobiologics consensus statement. Orthop J Sports Med 2021;9(5):23259671211002296. [Crossref](#)

16. Bradsell H, Waterman B, Lansdown D, Hevesi M, Jones K, Frank RM. Incorporating biologics into your sports medicine practice: Who, what, when, why, and how? *Instr Course Lect* 2023;72:431-44.
17. Richter DL, Schenck RC Jr, Wascher DC, Treme G. Knee articular cartilage repair and restoration techniques: A review of the literature. *Sports Health* 2016;8(2):153-60. [Crossref](#)
18. Doral MN, Bozkurt M, Atay OA, Tetik O. Other arthroscopic procedures for the treatment of chondral injuries of the knee joint. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2007;41(2):93-7.
19. Fortier LA, Potter HG, Rickey EJ, Schnabel LV, Foo LF, Chong LR, et al. Concentrated bone marrow aspirate improves full-thickness cartilage repair compared with microfracture in the equine model. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92(10):1927-37. [Crossref](#)
20. 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(12):2671-86. [Crossref](#)
21. Enea D, Cecconi S, Calcagno S, Busilacchi A, Manzotti S, Gigante A. One-step cartilage repair in the knee: Collagen-covered microfracture and autologous bone marrow concentrate. A pilot study. *Knee* 2015;22(1):30-5. [Crossref](#)
22. Branam GM, Saber AY. Osteochondral Autograft Transplantation. 2023 Jul 25. In: *StatPearls Treasure Island (FL): StatPearls Publishing*; 2025 PMID: 32809490.
23. Amai K, Kanto R, Onishi S, Nakayama H, Yoshiya S, Tachibana T, Iseki T. Functional recovery and clinical outcome after internal fixation using osteochondral autologous transplantation for osteochondritis dissecans of the knee. *Orthop J Sports Med* 2025;13(1):23259671241302125. [Crossref](#)
24. Gikas PD, Bayliss L, Bentley G, Briggs TW. An overview of autologous chondrocyte implantation. *J Bone Joint Surg Br* 2009;91(8):997-1006. [Crossref](#)
25. Ebert JR, Robertson WB, Woodhouse J, Fallon M, Zheng MH, Ackland T, et al. Clinical and magnetic resonance imaging-based outcomes to 5 years after matrix-induced autologous chondrocyte implantation to address articular cartilage defects in the knee. *Am J Sports Med* 2011;39(4):753-63. [Crossref](#)
26. Emmerson BC, Görtz S, Jamali AA, Chung C, Amiel D, Bugbee WD. Fresh osteochondral allografting in the treatment of osteochondritis dissecans of the femoral condyle. *Am J Sports Med* 2007;35(6):907-14. [Crossref](#)
27. Touhey DC, Beady ND, Tartibi S, Brophy RH, Matava MJ, Smith MV, et al. Return to sport in athletes after osteochondral allograft transplantation: A systematic review. *Am J Sports Med* 2025;53(13):3275-82. [Crossref](#)
28. Xie JF, Jackson GR, Childers JT, Lack BT, Mowers CC, DeFroda SF, et al. Variable return-to-sport rates with improved pain and patient-reported outcomes following osteochondral allograft transplantation: A systematic review. *J Knee Surg* 2025;38(11):563-74. [Crossref](#)
29. Mithoefer K, Hambly K, Logerstedt D, Ricci M, Silvers H, Della Villa S. Current concepts for rehabilitation and return to sport after knee articular cartilage repair in the athlete. *J Orthop Sports Phys Ther* 2012;42(3):254-73. [Crossref](#)
30. Ok M, Aydin M, Surucu S, Urer HN, Cerci MH, Yilmaz M, et al. The promising potential of intra-articular losartan combined with scaffold implantation for osteochondral repair: A comparative study in a rabbit model against osteochondral autograft transplantation. *J Exp Orthop* 2025;12(4):e70451. [Crossref](#)
31. Aydin M, Ok M, Cerci MH, Demirhan R, Surucu S, Mahirogullari M. A comparative analysis of 3D bioprinted gelatin-hyaluronic acid-alginate scaffold and microfracture for the management of osteochondral defects in the rabbit knee joint. *Jt Dis Relat Surg* 2024;35(2):361-7. [Crossref](#)