



Kıkırdak lezyonlarında sınırlı metal implant uygulamaları

Limited metal implant applications in cartilage lesions

Tahsin Beyzadeoğlu¹, Muhammed Bilal Kürk², Hüseyin Gökhan Karahan²

¹Beyzadeoğlu Klinik-Haliç Üniversitesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

²Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

Diz ekleminde sınırlı alanda oluşan kıkırdak lezyonları tedavi edilmediği takdirde, ilerleyerek dizde üç kompartmanın da artrozuyla sonuçlanmaktadır. Yüzey kaplama artroplastisinde (YKA) kullanılan sınırlı metal implantları, tam kalınlıkta kıkırdak defektleri olan orta yaşlı hastalarda biyolojik tekniklerle artroplasti arasındaki bir tercih olabilecek tedavi seçeneğidir. Bu tekniğin avantajı, sağlıklı dokuyu ve dizin biyomekaniğini bozmadan sınırlı alandaki hasarlı yüzeyin değişmesine imkân sağlamasıdır. Semptomatik kıkırdak lezyonlarının tedavisi için geliştirilen YKA'larda etkilenmemiş olan karşı eklem alanına implant uygulaması mevcut değildir. Yüzey kaplama artroplastisinin; anatomik yerleşimleri, monopolar ya da bipolar olmaları; buldukları yüzeyi kaplama kriterlerine göre farklı tipleri mevcuttur. Detaylı bir fizik muayene ve görüntüleme neticesinde, uygun endikasyonlarda tercih edilmesi çok önemlidir. Cerrahi teknikte YKA'nın, mevcut kıkırdak defektinin tamamını kaplayacak şekilde olması ve uygulanan implantın sağlıklı kıkırdakla aynı seviyede veya 0,5 mm daha aşağı seviyede konulması ve eğer bir dizilim bozukluğu varsa düzeltici osteotomilerin de cerrahiye eklenmesi gerektiği unutulmamalıdır. Sonuç olarak kıkırdak hasarlarında hem ağrıyı kontrol altına almak hem de artrozun ilerlemesini yavaşlatmak açısından YKA, faydalı, düşük morbiditesi olan bir cerrahi seçenektir.

Anahtar sözcükler: diz; kıkırdak lezyonları; artroz; sınırlı yüzey kaplama artroplastisi

If chondral defects occurring in the limited area of the knee joint are not treated, they progress and result in three-compartmental arthrosis of the knee. Metal implants used in limited resurfacing arthroplasty (LRA) maybe preferred treatment option between biological techniques and arthroplasty in middle-aged patients with full-thickness cartilage defects. The advantage of this technique is that it allows the replacement of the damaged surface in the limited area without disturbing the healthy tissue and the biomechanics of the knee. In LRAs developed for the treatment of symptomatic cartilage lesions, there is no implant application in the unaffected contralateral joint area. There are different types of LRAs according to their anatomical location, being monopolar or bipolar, and covering the surface on which they are located. It is very important that it is preferred in appropriate indications as a result of a good physical examination and imaging beforehand. In the surgical technique, it should be kept in mind that the LRA should cover the entire existing cartilage defect, and the implant should be placed at the same level as the healthy cartilage or 0.5 mm lower, and if there is malalignment, corrective osteotomies should be added to the surgery. In conclusion, LRA is an effective surgical option with low morbidity in terms of both controlling pain and slowing the progression of arthrosis in cartilage damage.

Key words: knee; cartilage lesions; arthrosis; limited resurfacing arthroplasty

Diz eklemindeki tam kalınlıktaki kondral defektler, dejeneratif bir sürecin başlangıcına zemin hazırlar. Nihai sonuç kompartman çökmesi ve son olarak varusa veya valgusa sapmasıdır. Tabii ki, kondral defektli olan bu hastalar tek kompartman artrozu ile sınırlı kalmayacaktır. Bu süreci üç kompartmanı da etkileyecek gonartrozun bir başlangıcı olarak değerlendirebiliriz. Araştırmalar göstermiştir ki biyolojik kemik iliği stimülasyonu gibi tedavi seçenekleri

ve kondrosit transplantasyonu, genç yaşta (30-35 yaş) tercih edilmelidir. Artan hasta yaşı ile sonuçlar tatmin edici olmaktan çıkmaya başlar.^[1,2] Osteoartrit (OA), ne zaman tedavi edilmesi zor olabilir sorusu, orta yaş ve multiple kıkırdak defektli hastalar için geçerlidir diyebiliriz. Kırk yaş üzerinde hastalarda, özellikle biyolojik müdahalelerin başarı şansları düşüktür.^[3,4] Bu aşamada sınırlı metal implant uygulamaları kısmen de olsa elimizi güçlendiren seçenekler olarak karşımıza çıkar.

İletişim / Contact: Prof. Dr. Tahsin Beyzadeoğlu • **E-posta / E-mail:** tbeyzade@superonline.com

ORCID ID: Tahsin Beyzadeoğlu, 0000-0002-5836-4494 • Muhammed Bilal Kürk, 0000-0001-8956-3819 • Hüseyin Gökhan Karahan, 0000-0001-9555-4468

Geliş / Received: 22 Eylül 2022 • **Revizyon / Revised:** 11 Ocak 2023, 25 Ocak 2023 • **Kabul / Accepted:** 27 Ocak 2023

Geliştirilen ilk protezler *onlay* mini implantlardır. Bunlar semptomatik kıkırdak lezyonlarının tedavisi için geliştirilmiştir, ancak etkilenmemiş olan karşı eklem alanına implant uygulaması mevcut değildir. Anatomik bir yapıda olmayan bu implantların, etkilenmemiş alanda kıkırdak hasarına yol açmaları nedeniyle, uygulamaları terk edilmiştir.^[5] Daha sonra diz eklemine uyumlu, kıkırdak defekti alanına uygun, *inlay* mini implantlar geliştirilmiştir.^[6-8] İki bin üç yılında anatomik 'Fokal Femoral Kondil Metalik İmplant' adı verilen femoral yüzey yenileme implantı (HemiCAP) tanıtılmıştır. Tam kalınlıkta küçük kondiler lezyonlar (hem femoral hem de troklear yüzeyler) için uygulanan bu implantlar, ilk olarak 2006 yılında Danimarka'da kullanım için (Arthrosurface®) onaylanmıştır.^[8]

YÜZEY KAPLAMA ARTROPLASTİSİ (YKA) ÇEŞİTLERİ

Yüzey kaplama artroplastisi (YKA)'ni; anatomik yerleşimleri, monopolar ya da bipolar olmaları ve buldukları yüzeyi kaplama kriterlerine göre dört tipte incelemek mümkündür:

- Femoral kondil, monopolar, fokal
- Tibiofemoral eklem, monopolar-bipolar, tüm yüzey
- Patellofemoral eklem, monopolar, fokal
- Patellofemoral eklem, monopolar-bipolar, tüm yüzey uygulamaları yapılabilen bu implantlar, HemiCAP®, UniCAP®, HemiCAP Wave® (Arthrosurface®, Franklin, MA, Amerika Birleşik Devletleri) olarak kullanıma sunulmuştur (Şekil 1).

YÜZEY KAPLAMA ARTROPLASTİSİ ENDİKASYONLARI

Fuchs ve ark.'nın yaptıkları sistemik derleme çalışmalarında, sadece Laursen ve ark.'nın *Uni-Cap* endikasyonları açısından değerlendirmede bulduklarını belirtmişlerdir.^[5,9] Yüzey kaplama artroplastisinde literatür özellikle *Hemi-Cap* artroplastisi endikasyonları üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çerçevede YKA endikasyonlarını;

- Yaşın 35-60 yaş aralığında olması,
- İzole medial veya lateral kondil üzerinde (yük taşıyan eklem) tam kalınlıkta kıkırdak veya osteokondral defekt olması,
- Stabil eklem (Lachman 1+ altında, pivot kayması veya posterior translasyon olmaması) olması,
- Pasif ekstansiyon eksikliği olmaması (<10),
- Normal veya asemptomatik kontralateral eklem olması,
- Başarısız kıkırdak onarım prosedürü geçirmiş olması veya biyolojik kıkırdak cerrahilerinin başarılı olma ihtimalinin az olması,
- Femurda büyük kıkırdak lezyonu ICRS (*International Cartilage Regeneration and Joint Preservation Society*) grade 3-4 ve 4 cm²'den büyük lezyonların bulunması olarak belirtebiliriz.^[10-12]

YÜZEY KAPLAMA ARTROPLASTİSİ KONTRENDİKASYONLARI

- 18 yaşın altı, 65 yaşın üzeri hasta (üst yaş sınırı görecelidir),
- Vücut kitle indeksi (*body mass index*, BMI) >35 kg/m² olması (görecelidir),
- Birden fazla evre IV (ICRS) eklem yüzeyi defekti bulunması (büyük implantla örtülemeyecek),
- >7° varus-valgus açılanması varlığı (görecelidir, aynı seansta giderilmesi gerekir),
- Kıkırdak gelişimini etkileyen metabolik bozukluk tespit edilmiş olması,
- Enfeksiyon, romatoid artrit, kristal artropati varlığı,
- Kronik instabilite bulunması,
- Vasküler veya kas yetmezliği bulunması,
- Önceki menisküs allogrefti varlığı veya başarısız bir osteokondral greft operasyonu geçirmiş olması,



Şekil 1. HemiCAP ve XL HemiCAP-UniCAP implant tasarımları ve kullanım alanları. (Arthrosurface®, Franklin, MA, USA, <https://anika.com/> sitesinden telif hakkı bulunmayan görselden alıntı yapılmıştır).

- Femur kondil merkezinde yer almayan lezyonların bulunması (yük binmeyen alanlar),
- Femur-tibia temas lezyonları (*kissing-lesion*) varlığı (görecelidir),
- Yaygın dejeneratif veya enflamatuvar durumların olması şeklinde belirtebiliriz.^[7,10-12]

RADYOLOJİK DEĞERLENDİRME

Bir hastanın YKA'ya uygunluğunu değerlendirebilmek için; basarak ön-arka, 30° fleksiyonda *notch* (çentik) grafisi, yan grafi ve Merchant grafilerinin yanında ortoröntgenogram ile radyolojik incelemesinin yapılmış olması gerekmektedir. Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile de kıkırdak lezyonu boyutları, patellofemoral eklem (PFE) simetrisi veya displazisi, menisküs ve bağ patolojileriyle kuadriseps ve patellar tendon incelenmelidir.^[13] Röntgen ve MR ile kıkırdak patoloji tanımlaması yapılmasına rağmen, cerrahiyle eş zamanlı yapılacak artroskopik girişimlerle de lezyonların kanıtlanması ve varsa eklem içi diğer patolojilere de müdahale edilmesi mümkündür.

CERRAHİ TEKNİK

Hasta supin pozisyonunda hazırlanır. Lezyon lateral femoral kondilde ise lateral parapateller, medial femoral kondilde veya patellofemoral bölgedeyse medial parapatellar yaklaşım tercih edilir. Defekt ortaya konup, lezyonun tam ortasından dik açıyla kılavuz tel gönderilir. Kılavuz tel üzerinden implantın çapı hesaplanır. Kılavuz tel üzerinden drilllemenin ardından implantın vidası ve vidayla kilitlenecek şekilde eklem kıkırdağıyla aynı seviyede yüzey implant kısmı yerleştirilir. Patella tarafında da kıkırdak lezyonu varsa, standart total artroplastidekine

benzer şekilde patella tarafına polietilen yerleştirilir. Tibia tarafında kıkırdak lezyonu var ise, ilk olarak lezyonun tam ortasından çıkacak şekilde retrograd drillleme ardından hepsi içerde ön çapraz bağ cerrahi tekniğinde kullanılan oyucularla polietilen *insertin* oturacağı yer hazırlanıp polietilen insert sementle tibia kıkırdağıyla aynı seviyede olacak şekilde yerleştirilir.^[14,15] Cerrahi teknikte en önemli konu, implantın sağlıklı kıkırdak yüzeyle aynı veya 1 mm altında kalacak şekilde yerleştirilmesidir.

REHABİLİTASYON

En iyi sonuç alınan grup, ameliyat öncesi kas gücü ve patellofemoral kontrolü iyi olan hastalardır. Bu sebeple ameliyat öncesi fizik tedavi ve rehabilitasyon, ameliyatın başarısını arttırmaktadır. Beyzadeoğlu ve ark.'nın tanımlamış oldukları ameliyat öncesi ve sonrası fizik tedavi ve rehabilitasyon süreci Tablo 1'de sunulmuştur.^[16]

TARTIŞMA

Femoral kondillerdeki kıkırdak lezyonları 40-60 yaş arası hastalarda sık görülürler ve oldukça ağrılı olabilirler.^[17,19] Bu kıkırdak lezyonları iyileşmeyebilir ve ilerleyici kıkırdak dejenerasyonuna sebep olup eklem tamamını ilgilendiren osteoartritle sonuçlanabilirler.^[20,21] Orta yaş aktif hastalarda kıkırdak lezyonlarının ve lokalize osteoartritin tedavisi zor olup hekimler bu konuda biyolojik prosedürlerden artroplastiyeye kadar bir dizi tedavi seçeneği arasında kalmaktadırlar.^[22] Tek kompartman veya total diz artroplastisi yüksek revizyon oranları nedeniyle genç-orta yaş grubu hastalarda olabildiğince ertelenmesi önerilmektedir.^[23-25] Bu hastalarda tedavinin ana amacı, diz eklemine doğal yapısını koruyup ağrının giderilmesini ve aynı zamanda diz fonksiyonlarının iyileştirilmesidir.

Tablo 1. Yüzey kaplama artroplastisi rehabilitasyonu^[16]

FAZ	EGZERSİZ	AKTİVİTE	DİĞER
I: Ameliyat öncesi	Eklem hareket açıklığı (EHA), güçlendirme	-	Kanedyen kullanım eğitimi
II: Ameliyat sonrası: 1-21 gün	Patella mobilizasyonu, Kapalı zincir kuadriseps Pasif EHA	Kanedyen değneklerle kısmi yük	Ödem tedavisi
III: Ameliyat sonrası: 3-8 hafta	Güçlendirme EHA, havuz aktiviteleri	Kuadriseps kontrolü ile tam yük	Yürüme, denge, endürans eğitimi
IV: Ameliyat sonrası: 2-4 ay (fonksiyonellik)	Güçlendirme EHA, havuz aktiviteleri	Tam yük, koşu	Yürüme eğitimi
V: Ameliyat sonrası: 4-6 ay (spora dönüş)	Tam EHA, tam güç	-	Endürans, jog, spora özel aktiviteler

ni sağlamaktır. Biyolojik prosedürler genç hastalarda iyi sonuçlar gösterirken, orta ileri yaş grubunda istenilen sonuçlar elde edilememektedir.^[26,27] Ototolog kondrosit implantasyonun uzun dönem sonuçlarının incelendiği bir çalışmada artan yaşla başarısızlık ve tekrar operasyon ihtiyacı arasında önemli ölçüde ilişkili bulunmuştur.^[28] Bu sebepten ötürü metalik yüzey yenileme implantları, bu grup hastalarda kıkırdak dejenerasyonunu ve osteoartriti önlemek için geliştirilmiştir.^[29-32]

Biyomekanik çalışmalar, osteokondral defektin bulunduğu alanda temas basıncının arttığını ve ilerleyen zamanda dejeneratif eklem hastalığının geliştiğini göstermektedir.^[3,33,34] Dolayısıyla kıkırdakta bir kez bölgesel kayıp olduğunda, zaman içinde diğer kompartmanların da bozulduğu görülmektedir. Küçük çaptaki kıkırdak lezyonlarında az da olsa iyileşme kapasitesi bulunmaktadır fakat büyük defektlerde osseöz duvarın rezorbsiyonu, defekti çevreleyen kıkırdak dokuda ve subkondral kemikte çökme meydana gelmesiyle birlikte; tibial yüzdeki kıkırdakta da dejenerasyon meydana gelir.^[4] Bu patofizyolojik mekanizmayla ilerleyici dejeneratif eklem hastalığı oluşur.

Yüzey kaplama artroplastisi ile ilgili en büyük endişe karşı yüzeyde yaratabilecekleri hasar olmuştur. Bu konuda pek çok biyomekanik çalışma mevcuttur. Uygulanan YKA'nın değerlendirildiği bir hayvan çalışmasında; implantın etrafındaki kıkırdak dokunun hasar görmediği sadece fokal bozulmalar olduğu, sınırlı meniskal hasarın olduğu görülmüştür. İmplantın karşısındaki tibial kıkırdakta ise çeşitli derinliklerde fokal erozyonlar izlenmiştir.^[4] Bununla birlikte makroskopik ve histolojik verilerde ortaya çıkan çevre ve karşıt kıkırdak lezyonların miktarının, tedavisiz bırakılan kıkırdak lezyonlarından çok daha az olduğu da gösterilmiştir.^[35,36]

Öte yandan Beyzadeoğlu ve ark., YKA'yla beraber yüksek tibial osteotomi uygulaması yaptıkları hastalardan, osteotomi plağını çıkarırken ikincil artroskopi yaptıkları 26'sında implantları gözlemlemişlerdir. Hiçbir hastada implant gevşemesi veya karşı yüzeyde ilerlemiş bir erozyon görmedikleri gibi, implantların yüzey alanlarının %9 ile 20 oranında, muhtemel fibrokartilaj doku ile örtüldüğünü bildirmişlerdir.^[37]

SONUÇ

Yüzey kaplama artroplastisi, aktif orta yaştaki, biyolojik yöntemlerle tedavisi başarısız olmuş ya da olacağı düşünülen hastaların diz lokal kıkırdak hasarlarında hem ağrıyı kontrol altına almak hem de hastalığın ilerlemesini yavaşlatmak açısından faydalı, düşük morbiditesi olan bir cerrahi seçenektir. Bu minör sayılabilecek cerrahi sayesinde, ilgili eklemden kemik stoğu korunduğu için, ileride ola-

sı artroplastie geçişte bir dezavantaj oluşturulmamaktadır. Bununla birlikte, uygun hasta seçimi alınacak sonuçta çok önemli rol oynamaktadır.

KAYNAKLAR

1. Christoph B, Kalbe C, Thermann H, Paessler HH, Laprell H, Kaiser T. Minimum 5-year results of focal articular prosthetic resurfacing for the treatment of full-thickness articular cartilage defects in the knee. Arch Orthop Trauma Surg 2011;131(8):1135-43. [Crossref](#)
2. Michael-Alexander M, Dimitrios C, Fritz T. The clinical outcome of the different HemiCAP and UniCAP knee implants: A systematic and comprehensive review. Orthop Rev (Pavia) 2018;10(2):7531. [Crossref](#)
3. Guettler JH, Demetropoulos CK, Yang KH, Jurist KA. Osteochondral defects in the human knee: Influence of defect size on cartilage rim stress and load redistribution to surrounding cartilage. Am J Sports Med 2004;32:1451-8. [Crossref](#)
4. Becher C, Cantiller EB. Focal articular prosthetic resurfacing for the treatment of full-thickness articular cartilage defects in the knee: 12-year follow-up of two cases and review of the literature. Arch Orthop Trauma Surg 2017;137(9):1307-17. [Crossref](#)
5. Fuchs A, Eberbach H, Izadpanah K, Bode G, Südkamp NP, Feucht MJ. Focal metallic inlay resurfacing prosthesis for the treatment of localized cartilage defects of the femoral condyles: A systematic review of clinical studies. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2018;26(9):2722-32. [Crossref](#)
6. Feucht MJ, Cotic M, Beitzel K, Baldini JF, Meidinger G, Schöttle PB, et al. A matched-pair comparison of inlay and onlay trochlear designs for patellofemoral arthroplasty: No differences in clinical outcome but less progression of osteoarthritis with inlay designs. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2017;25(9):2784-91. [Crossref](#)
7. Imhoff AB, Feucht MJ, Meidinger G, Schöttle PB, Cotic M. Prospective evaluation of anatomic patellofemoral inlay resurfacing: Clinical, radiographic and sports-related results after 24 months. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2015;23:1299-307. [Crossref](#)
8. Laursen JO, Skjøt-Arkil H, Mogensen CB. UniCAP offers a long term treatment for middle-aged patients, who are not revised within the first nine years. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2019;27(5):1693-7. [Crossref](#)
9. Laursen JO. Treatment of full-thickness cartilage lesions and early OA using large condyle resurfacing prosthesis: UniCAP®. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2016;24(5):1695-701. [Crossref](#)
10. Becher C, Kalbe C, Thermann H, Paessler HH, Laprell H, Kaiser T. Minimum 5-year results of focal articular prosthetic resurfacing for the treatment of full-thickness articular cartilage defects in the knee. Arch Orthop Trauma Surg 2011;131(8):1135-43. [Crossref](#)
11. Laursen JO, Lind M. Treatment of full-thickness femoral cartilage lesions using condyle resurfacing prosthesis. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2017;25(3):746-51. [Crossref](#)

12. Pascual-Garrido C, Daley E, Verma NN, Cole BJ. A comparison of the outcomes for cartilage defects of the knee treated with biologic resurfacing versus focal metallic implants. *Arthroscopy* 2017;33(2):364-73. [Crossref](#)
13. Davidson PA, Rivenburgh D. Focal anatomic patellofemoral inlay resurfacing: Theoretic basis, surgical technique, and case reports. *Orthop Clin North Am.* 2008;39(3): 337-346. [Crossref](#)
14. Bollars P, Bosquet M, Vanderkerckhove B, Hardeman F, Bellemans J. Prosthetic inlay resurfacing for the treatment of focal, full thickness cartilage defects of the femoral condyle: A bridge between biologics and conventional arthroplasty. *Knee Surg Traumatol Arthrosc* 2012;20:1753-9. [Crossref](#)
15. Cases E, Natera1 L, Antón C, Consigliere P, Guillén J, Cruz E. Focal inlay resurfacing for full-thickness chondral defects of the femoral medial condyle may delay the progression to varus deformity. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2021;31(1):57-63. [Crossref](#)
16. Beyzadeoğlu T, Önal A, Çağlar MM. Inlay joint resurfacing and hightibial osteotomy in middle-aged athletes. *Sport Injuries.* Doral M, Karlsson J (eds). Springer, Berlin, Heidelberg, 2015;2411-8. [Crossref](#)
17. Curl WW, Krome J, Gordon ES, Rushing J, Smith BP, Poehling GG. (1997) Cartilage injuries: A review of 31,516 knee arthroscopies. *Arthroscopy* 13(4):456-60. [Crossref](#)
18. Heir S, Nerhus TK, Rotterud JH, Loken S, Ekland A, Engebretsen L, et al. Focal cartilage defects in the knee impair quality of life as much as severe osteoarthritis: a comparison of knee injury and osteoarthritis outcome score in 4 patient categories scheduled for knee surgery. *Am J Sports Med* 2010;38(2):231-7. [Crossref](#)
19. Hjelle K, Solheim E, Strand T, Muri R, Brittberg M. Articular cartilage defects in 1,000 knee arthroscopies. *Arthroscopy* 2002;18(7):730-4 [Crossref](#)
20. Buckwalter JA, Martin JA, Brown TD. Perspectives on chondrocyte mechanobiology and osteoarthritis. *Biorheology* 2006;43(34):603-9.
21. Davies-Tuck ML, Wluka AE, Wang Y, Teichtahl AJ, Jones G, Ding C. The natural history of cartilage defects in people with knee osteoarthritis. *Osteoarthr Cartil* 2008;16(3):337-42. [Crossref](#)
22. Li CS, Karlsson J, Winemaker M, Sancheti P, Bhandari M. Orthopedic surgeons feel that there is a treatment gap in management of early OA: International survey. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2014;22(2):363-78. [Crossref](#)
23. Jasper LL, Jones CA, Mollins J, Pohar SL, Beaupre LA. Risk factors for revision of total knee arthroplasty: A scoping review. *BMC Musculoskelet Disord* 2016;17:182. [Crossref](#)
24. Kuipers BM, Kollen BJ, Bots PC, Burger BJ, van Raay JJ, Tulp NJ, et al. Factors associated with reduced early survival in the Oxford phase III medial unicompartment knee replacement. *Knee* 2010;17(1):48-52. [Crossref](#)
25. van der List JP, Chawla H, Zuiderbaan HA, Pearle AD. The role of preoperative patient characteristics on outcomes of unicompartmental knee arthroplasty: A meta-analysis critique. *J Arthroplasty* 2016;31(11):2617-27. [Crossref](#)
26. Knutsen G, Drogset JO, Engebretsen L, Grontvedt T, Isaksen V, Ludvigsen TC. A randomized trial comparing autologous chondrocyte implantation with microfracture. Findings at five years. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89(10):2105-12. [Crossref](#)
27. Steadman JR, Briggs KK, Rodrigo JJ, Kocher MS, Gill TJ, Rodkey WG. Outcomes of microfracture for traumatic chondral defects of the knee: average 11-year follow-up. *Arthroscopy* 2003;19(5):477-84. [Crossref](#)
28. Pareek A, Carey JL, Reardon PJ, Peterson L, Stuart MJ, Krych AJ. Long-term outcomes after autologous chondrocyte implantation: A systematic review at mean follow-up of 11.4 years. *Cartilage* 2016;7(4):298-308. [Crossref](#)
29. Kirker-Head CA, Van Sickle DC, Ek SW, McCool JC. Safety of, and biological and functional response to, a novel metallic implant for the management of focal full-thickness cartilage defects: Preliminary assessment in an animal model out to 1 year. *J Orthop Res* 2006;24(5):1095-108. [Crossref](#)
30. Manda K, Ryd L, Eriksson A. Finite element simulations of a focal knee resurfacing implant applied to localized cartilage defects in a sheep model. *J Biomech* 2011;44(5):794-801. [Crossref](#)
31. Martinez-Carranza N, Ryd L, Hulthenby K, Hedlund H, NurmiSandh H, Lagerstedt AS. Treatment of full thickness focal cartilage lesions with a metallic resurfacing implant in a sheep animal model, 1 year evaluation. *Osteoarthr Cartil* 2016;24(3):484-93. [Crossref](#)
32. Miniaci A. UniCAP as an alternative for unicompartmental arthritis. *Clin Sports Med* 2014;33(1):57-65. [Crossref](#)
33. Brown TD, Pope DF, Hale JE, Buckwalter JA, Brand RA. Effects of osteochondral defect size on cartilage contact stress. *J Orthop Res* 1991;9:559-67. [Crossref](#)
34. Koh JL, Wirsing K, Lautenschlager E, Zhang LO. The effect of graft height mismatch on contact pressure following osteochondral grafting: A biomechanical study. *Am J Sports Med* 2004;32:317-20. [Crossref](#)
35. Jackson DW, Lalor PA; Aberman HM, Simon TM. Spontaneous repair of full-thickness defects of cartilage in a goat model. A preliminary study. *J Bone Joint Surg Am* 2001;83-A:53-64. [Crossref](#)
36. van Susante JL, Buma P, Schuman L, Homminga GN, van den Berg WB, Veth RP. Resurfacing potential of heterologous chondrocytes suspended in fibrin glue in large full-thickness defects of femoral articular cartilage: An experimental study in the goat. *Biomaterials* 1999;20:1167-75. [Crossref](#)
37. Beyzadeoğlu T, Pehlivanoğlu T. Biological response following inlay arthroplasty of the knee. *Cartilage* 2018;9(2):156-60. [Crossref](#)