



Çocukluk çağı ayak osteokondrozları

Juvenile osteochondroses in foot

Kaya Hüsnü Akan

Bahçeşehir Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, İstanbul

Osteokondroz, büyümekte olan iskelet sistemini etkileyen bir grup bozukluk için kullanılan bir terimdir. Bu bozukluklar, anormal büyüme, yaralanma veya gelişmekte olan büyüme plağı ile onu çevreleyen ossifikasyon merkezlerinin aşırı kullanımı sonucu oluşur. Bu bozuklukların esas kaynağı bilinmemesine karşın, etiyojisinde genetik bozukluklar, travmanın tekrarlama, vasküler anomaliler, mekanik faktörler ve hormonal dengesizlikler sayılabilir. Bu hastalık grubunda, en sık rastlanılanları olan ayak naviküler osteonekrozu (Kohler hastalığı), kalkaneal (Sever) apofizit, 5. metatars bazis apofiziti (Iselin hastalığı) ve metatars başı infrazyonu (Freiberg hastalığı) yer alır. Çocukluk çağı osteokondrozlar ve apofizitlerinin iyi bilinmesi, özellikle spor yapan pediatrik grubun artması ile, klinik uygulamalarda erken tanı ve tedavi sağlayarak erken spora dönüş ve hasta memnuniyeti sağlayacaktır.

Anahtar sözcükler: juvenil osteokondroz; apofiziti; Kohler; Sever; Iselin; Freiberg

The term osteochondrosis is used to define a couple of disorders that affect the growing skeleton. These disorders result from abnormal growth, injury, or overuse of the developing growth plate and surrounding ossification centers. Although the exact etiology of these disorders is unknown, genetic causes, repetitive trauma, vascular abnormalities, mechanical factors, and hormonal imbalances may all contribute as a factor. The most common disorders in this group are osteochondrosis of the tarsal navicular (Kohler disease), calcaneal apophysitis (Sever disease), apophysitis of the 5th metatarsal (Iselin disease), and infraction of the metatarsal head (Freiberg disease). A thorough understanding of the juvenile osteochondroses and apophysitis will help early diagnosis and better treatment in the growing juvenile sports population which in turn will provide early return to sports and patient satisfaction.

Key words: juvenile osteochondrosis; apophysitis; Kohler; Sever; Iselin; Freiberg

Osteokondroz, büyümekte olan iskelet sistemini etkileyen bir grup bozukluk için kullanılan bir terimdir. Bu hastalarda eklem ağrısının etiyojisi genellikle osteokondroze bağlı olsa da, travmatik, inflamatuvar veya enfeksiyöz olabilir. Osteokondrozlar, anormal büyüme, yaralanma veya gelişmekte olan büyüme plağı ile onu çevreleyen ossifikasyon merkezlerinin aşırı kullanımı sonucu oluşur. Genelde erkekler daha fazla etkilenir ve semptomlar 10-14 yaşlarında ortaya çıkar. Erkeklerin daha fazla etkilenmesinin nedeninin, çocukluk travmalarına ve aşırı kullanma yaralanmalarına daha çok maruz kalmaları olduğu düşünülmektedir.^[1] Patofizyolojisi kemik ve kırıldak nekrozu ile başlar. Bu süreci, revaskülarizasyon ile granülasyon dokusu oluşumunun ve

invazyonunun yeniden organizasyonu, nekrotik segmentlerin osteoklastik rezorpsiyonu takip eder ve son olarak da osteoid replasmanı ile, olgun lamellar kemik oluşumu ile biter.^[2]

Apofizitler, kas tendon ünitelerinin kemiğe yapışma yerlerinde oluşan bir alt gruptur. Apofiz, direkt grafilerde de görülen aksesuar bir kemikleşme merkezi olarak çıkar. Bu yapışma bölgesinde irritasyon sonucu oluşan çıkıntıya apofizit adı verilir.^[3]

Bu bölümde, ayakta en sık görülen osteokondrozlar ve apofizitlerden, Kohler veya naviküler osteonekrozu, kalkaneus (Sever) apofiziti, 5. metatars bazis apofiziti (Iselin) hastalığı ve metatars başı infrazyonu (Freiberg hastalığı) anlatılacaktır (Şekil 1).



Şekil 1. Ayakta sık rastlanan osteokondrozlar ve apofizitler.



Şekil 2. Bilateral naviküler osteonekroz (altı yaş, erkek çocuk): AP grafi (a); lateral grafi (b).

KÖHLER HASTALIĞI (TARSAL NAVİKÜLER OSTEOKONDROSİS)

İlk olarak 1908'de Köhler tarafından tanımlanmış olan, 3–10 yaş grubunda daha çok erkek çocuklarda görülen, naviküler kemiğin avasküler nekrozudur.^[4] Ender olarak 2–4 yaşlarındaki kız çocuklarda da görülebilir. Olguların yaklaşık %25'i bilateraldir. Hastalığın etiyopatogenezinin bilinmemesine karşın, erken ossifikasyon döneminde mekanik strese bağlı olarak hem osteogenez hem de kondrogenez ile birlikte encondral ossifikasyonun bozulmasına bağlı olduğu düşünülmektedir. 1937'de Karp, naviküler kemiğin ossifikasyonunun kız çocuklarında erkek çocuklara göre daha erken gerçekleştiğini bulmuş, bunun da erkeklerde erken mekanik stres nedeniyle avasküler nekroza yol açtığını öne sürmüştür.^[5] Bunun yanı sıra, naviküler kemik erken ossifikasyon döneminde yalnızca besleyici arter yoluyla kanlanmasıyla daha sonra gelişen perikondrial

damarlanmadan daha zayıf olmasının, vasküler yaralanmaları kolaylaştırdığı öne sürülmüştür.^[6] Histolojik olarak etkilenen kemiklerde vasküler yaralanma ile uyumlu olarak, nekroz, ölü kemik rezorpsiyonu, remodeling ile birlikte yeni kemik oluşumu görülmektedir.

Klinik Bulgular - Radyoloji

Köhler hastalığında erkek çocuk, topallama ve ayağının iç kısmını kollama yakınmasıyla başvurur. Hareket açıklıkları genellikle doğal olup mediyalde naviküler kemik üzerinde bazen enfeksiyon ve artrit ile karıştırılabilecek hafif kızarıklık ve ısı artışı ve mediyal ayak hassasiyeti görülür. Her iki ayağa çektilen grafiplerde, naviküler kemikte karakteristik bulgular olan skleroz, fragmentasyon ve yassılaşıma görülür (Şekil 2).^[7] Naviküler kemik ossifikasyon merkezinde düzensizlikler görülebilir, ancak Köhler hastalığı radyolojik olmaktan çok bir klinik tanıdır; bu nedenle semptomu



Şekil 3. Sever hastalığı (10 yaş, erkek çocuk); lateral grafi.

olmayan hastalara bu tanı konmaz. Ayırıcı tanı için manyetik rezonans (MR) görüntülemesi, enfeksiyon için hemogram, sedimentasyon ve CRP (C-reaktif protein) değerleri ile birlikte anlamlıdır. Ayırıcı tanıda yer alan stres kırıkları, diyabet avasküler nekrozu erişkinlerde görülür.

Hastalık Seyri - Tedavi

İyileşme spontan olduğu için semptomatik tedavi yeterlidir. Eğer ağrı çoksa 6-8 hafta kısa bacak yürüme alçısı önerilebilir. Uzun süreli takiplerde hastalığın sekel bırakmadan tamamen iyileştiği gösterilmiştir.^[4,8] Ağrısı devam eden hastalarda tarsal koalisyon gibi diğer tanılar aranmalıdır.

KALKANEAL APOFİZİT (SEVER HASTALIĞI)

Sever tarafından büyüyen çocuklarda kalkaneusun inflamatuvar bir bozukluğu olarak tanımlanan hastalık, görüntüleme yöntemlerinin gelişmesiyle birlikte, bir osteokondroz olarak belirlenmiştir. Hastalık, immatür sporcularda yaygın olarak görülen bir durumdur. Rastlanma yaşı ortalama 11,5 olup erkeklerde iki kat daha fazla görülmesine karşın, son yıllarda kızlarda spor aktivitelerinin artması nedeniyle bu fark azalmıştır. Genellikle bilateraldir ve en çok futbol oynayanlarda görülür.^[9]

Eklem dışı bir osteokondroz olarak tanımlanan bu hastalıkta, Aşil tendonu ve plantar fasya fiziksel aktivite ile kalkaneal apofize tensil kuvvetler uygulamaktadır. Aynı zamanda özellikle yürümenin topuk vurma fazında direkt yük de almaktadır. Hem plantar fasyanın gerilmesi hem de gastrosoleus kompleksinin çekmesi sonucunda tekrarlayan travma ile mikro-kırıklar oluşmakta, bu nedenle stres kırığı meydana gelmektedir.^[10]

Klinik Bulgular - Radyoloji

Sever apofizitinde tipik hasta 10-12 yaşlarındaki spora yatkın çocuktur. Ağrı topuğa sınırlı olup, ısı artışı, ödem hatta kızarıklıkla birlikte olabilir. Ağrı miktarı fazla olan çocuklarda vücut kitle indeksi, boy ve kilonun daha fazla olduğu gösterilmiştir.^[11] Fizik bulgu, kalkaneal tüberin mediyaline bastırılınca ağrı oluşmasıdır. Ayırıcı tanıda kalkaneus kisti ve osteomyeliti dışlanmalıdır. Radyolojik olarak bariz bir bulgu yoktur. Sever apofiziti olan ve olmayan çocuklarda skleroz eşit oranda görülmesine karşın, apofiz fragmentasyonu Sever hastalığında yüksek oranda rastlanmaktadır (Şekil 3). İleri olgularda ayırıcı tanı için MR görüntüleme yararlı olabilir. Bunlar; stres kırıkları, litik lezyonlar ve osteomyelittir.

Hastalık Seyri - Tedavi

Sever apofiziti, matürasyon ve kalkaneal apofizin kapanmasıyla iyileşen sınırlı bir durumdur. Tedavi,

genellikle semptomatik olarak aktivite kısıtlaması, ayakkabı değişimi, topuk destekleri ve Aşil germe egzersizlerinden oluşur. Yapılan randomize kontrollü bir çalışmada, ilk iki ay topuk desteği kullanılmasının yararı olduğu, sürenin daha uzatılmasının anlamı olmadığı gösterilmiştir.^[12] Non steroid anti-inflamatuvar ilaç kullanımı yararlı olabilir. Semptomları devam eden hastalarda, kısa bacak alçı ile ortalama iki ay içerisinde iyileşme ve kademeli olarak aktiviteye geçiş gösterilmiştir.^[10] Sever hastalığında cerrahinin bir rolü yoktur.

5. METATARS DİSTAL APOFİZİTİ (ISELIN HASTALIĞI)

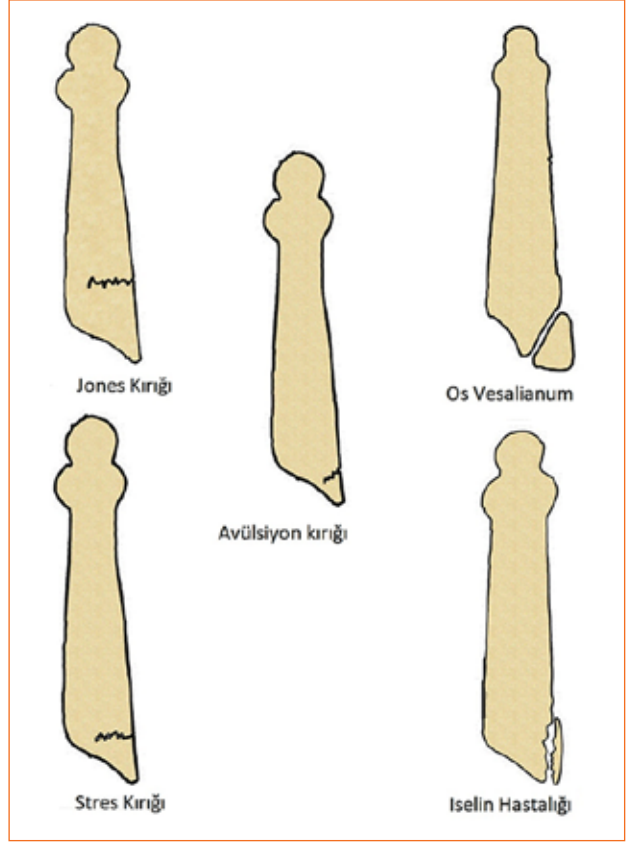
İlk olarak 1912’de Iselin tarafından tanımlanmış olan bu hastalık 5. metatars bazisinde insersiyonel apofizde bir stres reaksiyonunun peroneus brevis tendonunun Sharpey liflerinde mikro-kırıklarla birlikte olmasına bağlı olduğu düşünülmektedir. Osgood Schlatter hastalığında olduğu gibi, gerçek osiküller yırtılarak kemik büyümesinin yanında apofize fragmanite bir görünüm verebilir.^[13]

Iselin hızlı büyüme periyodu sırasında ortaya çıkar ve tekrarlayan germelerin çok olduğu sporlarla uğraşan çocuklarda görülür. Kemikleşme 12–13 yaşlarında ortaya çıkarken, füzyon genellikle 17–18 yaşlarında olur.

Klinik Bulgular - Radyoloji

Hasta çocuk genellikle lateral ayak ortası ağrısı ile başvurur. Fizik muayenede, 5. metatars bazisinde hassasiyet ile birlikte yumuşak doku ödemi ve lateral çıkıntının genişlemesi olabilir. Semptomlar apofiz kapanınca geçer. Radyolojik olarak, sekonder ossifikasyon merkezi oblik grafilerde metatars uzun aksında paralel bir kemik kıymığı şeklinde görülür. Bu görünüm sağlam çocuklarda da olabileceği için, bulgunun klinikle desteklenmesi gereklidir.^[14] Diğer radyolojik bulgular genişleme, fragmantasyon ve kondroosseöz bileşkenin genişlemesidir. MR görüntüleme de T2 ve STIR sekanslarda sinyal artışı ile kemik ödemi göstermektedir.^[15]

Ayırıcı tanıda, Jones kırığı, avulsiyon kırığı, stres kırığı ve os vesalianum yer alır (Şekil 4). Travma ve kreptasyonun olmaması apofizit lehinedir.^[15] Radyolojik bulgunun yerleşim yeri kırıklarda horizontaldir ve eklem içine de uzanır.^[15] Diğer bir bulgu olan os vesalianum, peroneus brevis içerisinde yer alan bir sesamoid kemik olup 5. metatars bazisinin daha proksimalinde düzgün yüzeyle ve sklerotik olarak görülür. Şüpheli durumda, diğer tarafın grafisinin çekilmesi veya MR yararlı olacaktır.



Şekil 4. Iselin hastalığı görsel ayırıcı tanısı (Kishan TV, et al.^[14] Iselin’s disease: Traction apophysitis of the fifth metatarsal base, a rare cause of lateral foot pain. M J Armed Forces India 2016;72(3):299–301 kaynak alınarak yeniden çizilmiştir).

Hastalık Seyri - Tedavi

Hastalık bulguları apofizin kaynaması ile kaybolur. Tedavisi; analjezikler, buz uygulaması ve spor aktivitelerinin kısıtlanması ile semptomları ileri hastalarda alçı immobilizasyonu şeklindedir.^[4,14] Nonunion ile giden olgularda, ağırlı ise fragman eksizyonu yapılabilir.^[14]

METATARS BAŞI AVASKÜLER NEKROZU (FREİBERG HASTALIĞI)

Freiberg 1914 yılında, 2. Metatars başında kırık-dak yüzeyin düzleşmesi ve litik sklerotik alanlar görülmesiyle karakterize ağırlı bir durum tanımlamıştır.^[16] Kullanılan infraksiyon terimi travmayı işaret ederken infarkt terimi daha çok iskemik bir etiyolojiyi tanımlar. Hastalığın rastlanma sıklığı bilinmemesine karşın, daha çok adolesan kızlarda görülmektedir. En sık 2. metatars başı, daha sonra 3. metatars başı tutulur. Hastaların %10’undan azında bilateral tutulum vardır. Hastalığın gerçek nedeni bilinmemesine karşın,

Tablo 1. Freiberg Hastalığında Smillie sınıflaması^[18]

Evre	Özellik
I	Epifizden geçen belirsiz kırık hattı.
II	Erken çökme ve merkezde ezilme.
III	Merkezi ezilme mediyal ve lateral kenarlara uzanır ancak plantar menteşe sağlamdır.
IV	Merkezi bölüm plantar menteşeden kurtulur, serbest cisimcik oluşur ve lateral ve mediyal kısımlar kırılır.
V	Metatars başı yassılaşıyor sekonder dejeneratif değişiklikler oluşur.

enkondral ossifikasyonun bozulması nedeniyle osteokondrozlar altında sınıflanır. Teorik olarak, travma, stres tekrarı, vasküler anormallikler veya yüksek topuklu ayakkabılara bağlı olduğu düşünülmektedir.^[4]

Klinik Bulgular - Radyoloji

Tipik hastalar, spor aktiviteleri veya basmakla artan adolesan kızlardır. Fizik muayenede, 2. veya 3. metatars başında hassasiyet ve bazen 2. sıranın kısalığı saptanır. Grafilerde, 2. metatarsofalangeal eklemin genişlediği ve metatars başının çöktüğü ve skleroze olduğu görülür. Metatars başının düzensizliği ve

düzleşmesine ek olarak dorsal çıkıntı da oluşabilir. İkincil olarak, eklemden serbest cisimler ve metatars gövdesinin kalınlaşması görülebilir (Şekil 4). Bu anlamda, Perthes hastalığının ayakta görülen formu olarak da adlandırılır.^[5] Smillie, 1967'de radyolojik bir sınıflama oluşturmuştur (Tablo 1).^[17]

Ayrıntılı tanıda, sinovit, Morton nöromu ve metatarsal stres kırığı yer alır. MR görüntüleme, özellikle erken evrede, eklemden artritik değişiklikler oluşmadan tanı koymada yardımcıdır. T1 sekanslarda epifizde hipointens, T2 sekanslarda da karışık olarak hipo ve hiperintens sinyaller görülür (Şekil 5a ve 5b).



Şekil 5. Smillie Evre 4 MR bulguları. T1 sekansında çökme, serbest cisim ve mediyal ve lateral genişlemeler görülüyor (a). T2 sekansında kemik ödemi ve eklem içi ödem göz çarpıyor (b).

Hastalık Seyri - Tedavi

Hastalık, tanımlanmış evreleri tamamlayarak ağrının geçmesi ve eklem yüzeyinin tamiri ile sonlanır. Uzun süreli sonuçlar eklem yüzeyinin aldığı hasara ve serbest cisimcik oluşumuna bağlıdır. Erken dönemde konservatif tedavide destekli veya desteksiz 4–6 hafta immobilizasyon önerilir. Bu tedavi, özellikle eklem içi hasarın olmadığı akut faz olguları için yararlıdır. Destek olarak nonsteroid anti-inflamatuvar ilaçlar ve fizik tedavi uygulanabilir. Bu süre içinde fiziksel aktivite mümkün olduğu kadar sınırlanmalıdır. Semptomlar azaldıktan sonra kademeli olarak fiziksel aktiviteye dönüş sağlanır. Reossifikasyon ve radyolojik değişikliklerin düzelmesi yaklaşık 2–3 yıl alır.^[2] Yüksek topuklu ayakkabı giyilmesi engellenmelidir. Metatarsofalangeal eklemi yükten kurtaracak ortez ve ayakkabı modifikasyonları yapılmalıdır.

Cerrahi tedavi, konservatif başarısız kalırsa uygulanır. Cerrahiler, eklem koruyucu ve eklem destrüksiyonu olarak iki ana grupta incelenir. 2017’de Schade’nin yaptığı bir sistemik derlemede, eklem koruyucu cerrahi gerçekleştirenlerin daha fazla yayın yaptığı, toplam 257 koruyucu cerrahinin ortalama 30,4 ay takibinde %90’dan fazla ağrı azalması ve aktiviteye tam dönüş olduğu, buna karşın eklem destrüksiyonu içeren toplam 70 olgunun ortalama 15 ay takibinde %70 iyi sonuç alındığı bildirilmiştir.^[18] Burada gözetilmesi gereken, metatars başı beslenmesinin bozulmamasıdır.

EKLEM DEBRİDMANI

Eklem koruyucu cerrahide eklem debridmanı, sinoviyektomi, serbest cisimciklerin eksizyonu, lateral ve medial osteofitlerin ve çıkıntıların alınması şeklindedir. Helal ve Gibb 1987’de, Evre I ve II hastalarda greftleme ile birlikte eklemdeki çökmenin kaldırılması, buna karşın daha ileri olguların hasta semptomlarına göre değerlendirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Bası metatarsalji olan hastalarda osteotomi önerilirken, eklem hareket açıklığı ve artritik değişikliklerden etkilenenlerde de artroplastiyi tercih etmişlerdir.^[19] Erdil ve arkadaşları ise eklem debridmanı ile 14 ileri evre hastada iyi sonuç aldıklarını bildirmişlerdir.^[20]

KEMİK GREFTLEME

Smillie orijinal makalesinde, çökmüş kırıkdağı kaldırmak için metatars shaftına bir delik açarak sklerotik kemiğin delindiği, kırıkdağın kaldırılarak kemik grefti ile doldurulduğu bir yöntem tanımlamıştır. Bu yöntemin kullanılması, Evre I, II ve III hastalarda kırıkdağ örtü sağlam ise mümkündür.^[17,18] Helal ve Gibb, 1987’de

bu yöntemi modifiye ederek, 25 hastayı ameliyat etmiş ve sekiz hastanın 3–8 yıllık takibinde klinik ve radyolojik olarak normal olduklarını belirtmişlerdir. Üç hastada metatars başının genişlediğini, üç hastada da koşu ve yüksek topuklu ayakkabı ile ağrı oluştuğunu görmüşlerdir.^[19]

OSTEOTOMİ

Birçok farklı osteotomi tanımlanmıştır. Amaç, hasarlı olan kırıkdağ yüzeyin yükten kurtarılmasıdır. En sık olarak dorsifleksiyon ve kısaltma osteotomisi kullanılır. Bu iki yöntemi karşılaştıran bir çalışmada, Özkul ve arkadaşları, Evre IV ve V olan 16 hastada ortalama 30,8 ay takip sonunda benzer iyi sonuçlar bulmuşlar ve kısaltma osteotomisinin eklem hasarının çok ileri olgulara yapılmasının daha doğru olacağını, kısaltma yapılan hastalarda kozmetik şikayet oluşabileceğini vurgulamışlardır.^[21] Chao ve arkadaşları ise, 13 hastada dorsal kapayıcı kama osteotomisine sinoviyektomi ve debridmanı ekleyerek, tüm evrelerde yaptıkları ortalama 40 ay takipli çalışmalarında, dört mükemmel, yedi iyi ve iki kötü sonuç bildirmişlerdir.^[22] Kısaltması 3 mm olan bir hastada transfer metatarsalji oluşmuştur. Helix-Giardonino ve arkadaşlarının yayımladığı 30 olguluk ortalama 6,5 yıllık takipli seride; 17 hastada mükemmel, 11 hastada tatminkar ve iki hastada orta derecede tatminkar sonuç elde edilmiştir.^[23] Yazarlar, eklem şeklini korunması için bu osteotomiye özellikle tavsiye etmektedirler (Şekil 6).

ARTROPLASTİ

Rezeksiyon artroplastisi, ilk tedavi şemalarında yer alsa da günümüzde terk edilmiş gibidir. İki yöntem kullanılır: birisi proksimal falanks bazisinin, diğeri ise metatars başının rezeksiyonudur. Açık veya artroskopik olarak yapılabilir. Yöntem kalıcı kısalığa yol açtığından, biyomekanik olarak transfer lezyonlarına neden olmaktadır. Aşırı kısaltma ve ilerleyici halluks valgus, diğer komplikasyonları arasındadır.

İnterpozisyon artroplastisi de bildirilen yöntemlerden birisi olmasına karşın, sonuçları çok değişkenlik göstermektedir.^[18] Total küçük eklem artroplastisi, ilk başlarda el için tasarlanmış silikon implantlarla başlamış, son yıllarda titanyum hemi veya total seramiklere dönmüştür. Potansiyel avantajları arasında; uzunluğun korunması, eklem hareketinin düzelmesi ve kondillerin korunması durumunda daha iyi yük dağılımı vardır. Olası komplikasyonları arasında; implant gevşemesi, kemik erozyonu, enfeksiyon ve sert yüzen parmak yer almaktadır.^[24,25]



Şekil 6. Yirmi üç yaşında kadın; Smillie Evre 4 dorsifleksiyon osteotomisi; erken postop (a); birinci yıl kontrol grafisi (b).

DİĞER YÖNTEMLER

Diğer kullanılan yöntemler arasında, debridmana ek olarak, mikro-drilleme, artroskopik mikro-drilleme, geç evrelerde osteokondral greft transferi sayılabilir. Tüm bu yöntemler, literatürde olgu sunumu veya serileri olarak bildirilmiş olup kanıt düzeyleri düşüktür.^[18]

SONUÇ

Çocukluk çağı osteokondrozlar ve apofizitlerinin iyi bilinmesi, özellikle spor yapan pediatrik grubun artması ile, klinik uygulamalarda erken tanı ve tedavi sağlayarak erken spora dönüş ve hasta memnuniyeti sağlayacaktır. Birçoğu konservatif tedaviye yanıt veren bu patolojilerde, uzun dönemde iyi sonuçlar alınabilmesi bu konudaki farkındalığa bağlıdır.

KAYNAKLAR

1. Duthie RB, Houghton GR. Constitutional aspects of the osteochondroses. *Clin Orthop Relat Res* 1981;(158):19-27.
2. Gillespie H. Osteochondroses and apophyseal injuries of the foot in the young athlete. *Curr Sports Med Rep* 2010;9(5):265-8. [Crossref](#)
3. Atanda AJr, Shah SA, O'Brien K. Osteochondrosis: common causes of pain in growing bones. *Am Fam Physician* 2011;83(3):285-91.
4. Ippolito E, Ricciardi Pollini PT, Falez F. Köhler's disease of the tarsal navicular: long-term follow-up of 12 cases. *J Pediatr Orthop* 1984;4(4):416-7.
5. Kasser JR. The Foot. In: Lovell and Winter's *Pediatric Orthopaedics*, Lovell WW, Winter RB, Morrissy RT, Weinstein SL, editors. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006. p.1317-21.
5. Karp M, Meier G. Köhler's disease of the tarsal scaphoid: an end-result study. *J Bone Joint Surg Br* 1937.
6. Kidner F, Muro F. Kohler's disease of the tarsal scaphoid or os navicular pedis retardatum. *JAMA* 1924;83:650.
7. Borges JL, Guille JT, Bowen JR. Köhler's bone disease of the tarsal navicular. *J Pediatr Orthop* 1995;15(5):596-8.
8. DiGiovanni CW, Patel A, Calfee R, Nickisch F. Osteonecrosis in the foot. *J Am Acad Orthop Surg* 2007;15(4):208-17.
9. Clark MC. Overview of the causes of limp in children. *UpToDate Online*. http://www.uptodate.com/online/content/topic.do?topicKey=ped_symp/5916
10. Liberson A, Lieberson S, Mendes DG, Shajrawi I, Ben Haim Y, Boss JH. Remodeling of the calcaneus apophysis in the growing child. *J Pediatr Orthop B* 1995;4:74-9.
11. James AM, Williams CM, Luscombe M, Hunter R, Haines TP. Factors associated with pain severity in children with calcaneal apophysitis (sever disease). *J Pediatr* 2015;167(2):455-9. [Crossref](#)

12. James AM, Williams CM, Haines TP. Effectiveness of footwear and foot orthoses for calcaneal apophysitis: a 12-month factorial randomised trial. *Br J Sports Med* 2016;50(20):1268-75. [Crossref](#)
13. Ralph BG, Barrett J, Kenyhercz C, DiDomenico LA. Iselin's disease: a case presentation of nonunion and review of the differential diagnosis. *J Foot Ankle Surg* 1999;38(6):409-16.
14. Kishan TV, Mekala A, Bonala N, Sri Pavani B. Iselin's disease: Traction apophysitis of the fifth metatarsal base, a rare cause of lateral foot pain. *M J Armed Forces India* 2016;72(3):299-301. [Crossref](#)
15. Gupta N, Sharma K, Bansal I, Kumar Y, Hayashi D. Kickboxing power hour: case report of fifth metatarsal apophysitis (Iselin disease) and its magnetic resonance imaging features. *Transl Pediatr* 2017;6(2):98-101. [Crossref](#)
16. Freiberg AH. Infraction of the second metatarsal bone, a typical injury. *Surg Gyn Ob* 1914;19:191.
17. Simillie IS. Treatment of Freiberg's infraction. *Proc R Soc Med* 1967;60(1):29-31.
18. Schade VL. Surgical Management of Freiberg's Infraction: A Systematic Review. *Foot Ankle Spec* 2015;8(6):498-519. [Crossref](#)
19. Helal B, Gibb P. Freiberg's disease: a suggested pattern of management. *Foot Ankle* 1987;8(2):94-102.
20. Erdil M, Imren Y, Bilsel K, Erzincanli A, Bülbül M, Tuncay I. Joint debridement and metatarsal remodeling in Freiberg's infraction. *J Am Podiatr Med Assoc* 2013;103(3):185-90.
21. Özkul E, Gem M, Alemdar C, Arslan H, Boğatekin F, Kışın B. Results of two different surgical techniques in the treatment of advanced-stage Freiberg's disease. *Indian J Orthop* 2016;50(1):70-3. [Crossref](#)
22. Chao KH, Lee CH, Lin LC. Surgery for symptomatic Freiberg's disease: extraarticular dorsal closing-wedge osteotomy in 13 patients followed for 2-4 years. *Acta Orthop Scand* 1999;70(5):483-6.
23. Helix-Giordanino M, Randier E, Frey S, Piclet B. French association of foot surgery (AFCP). Treatment of Freiberg's disease by Gauthier's dorsal cuneiform osteotomy: Retrospective study of 30 cases. *Orthop Traumatol Surg Res* 2015;101(6 Suppl):S221-5. [Crossref](#)
24. Shih AT, Quint RE, Armstrong DG, Nixon BP. Treatment of Freiberg's infraction with the titanium hemi-implant. *J Am Podiatr Med Assoc* 2004;94(6):590-3.
25. Townshend DN, Greiss ME. Total ceramic arthroplasty for painful, destructive disorders of the lesser metatarsophalangeal joints. *Ophthalmology Retina* 2007;17(2):73-5.