



Sporcularda ayak stres kırıkları

Stress fractures of the foot and ankle in athletes

Umut Yavuz¹, Namık Kemal Özkan²

¹İstanbul Aydın Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, İstanbul

²Özel Maltepe Ersoy Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

Ayak ve ayak bileği çevresinde görülen stres kırıkları, sporcularda sıklıkla karşılaşılan ve spordan uzak kalmaya neden olabilecek önemli bir sakatlık nedenidir. Çoğunlukla sinsi başlangıçlı bir problemdir ve bu patolojiden şüphelenmek için ayrıntılı bir klinik değerlendirme yapılmalıdır. Stres kırığı şüphesi olanlarda radyografik çalışmalar sıklıkla geç pozitif olduğundan erken tanı için daha sensitif yöntemler olan sintigrafi ve manyetik rezonans (MR) ile değerlendirme yapılır. Ayak ve ayak bileği çevresi stres kırıkları iyileşme potansiyeli ve cerrahi tedavi gereksinimi açısından yüksek ve düşük riskli stres kırıkları olarak iki gruba ayrılır. Düşük riskli kırığı olan sporcular sıklıkla yük vermeden kesme ve istirahat ile komplikasyonsuz iyileşir ve de spora daha erken dönerler. Yüksek riskli grupta ise tam kırık riski yüksektir, spora dönüş süresi sıklıkla daha uzundur ve cerrahi tedavi gerekebilmektedir. Tedavi genelinde kırığın yeri ve türüne göre değişkenlik göstermekle birlikte, D vitamini, kemik stimülatörleri, kalsitonin, bifosfonat ve ESWT (*extracorporeal shock wave therapy*) gibi diğer cerrahi dışı yöntemlerinde erken iyileşme için tedaviye eklenmesi şeklinde, literatürde çalışmalar mevcuttur.

Anahtar sözcükler: sporcu; stres kırığı; ayak; ayak bileği

Stress fractures observed in foot and ankle are frequently seen in sportsmen, leading to disability that may keep them away from sports. A detailed clinical evaluation is necessary to suspect the presence of the stress fracture because its onset is mainly insidious. For early diagnosis, scintigraphy and magnetic resonance imaging (MRI) are preferred because radiographic studies are frequently positive in the late period of the stress fracture. Stress fractures in the foot and ankle are divided into two subgroups as low and high risk based on their cure potential, and necessity of the surgical intervention. Prevention of loading on the region of fracture and rest are main treatment options without any complication for the low-risk group. On the other hand, the possibility of complete fracture is higher in the high-risk group, and in comparison with the low-risk group, subjects in this group have a lower chance for improvement without surgery, and need to more time to get back to sports. Although the type of treatment including surgery versus non-surgery approaches or both depends on the location and the type of fracture, recent data emphasize that the other non-surgery options such as vitamin D, bone stimulants, calcitonin, bisphosphonates, and ESWT (*extracorporeal shock wave therapy*) are essential for improvement at the early period.

Key words: athlete; stress fracture; foot; ankle

Sporcularda ayak ve ayak bileği stres kırıkları, seviye ve yaş gözetmeksizin sık gözlenen bir problemdir ve yapılan spora göre %1-15 arası görülme oranı vardır.^[1-3] Literatürdeki çoğu çalışma askeri personeller ile ilgili olsa da^[4], sporcularda da stres kırıkları sıktır ve önemli bir sakatlık nedenidir. Stres kırıkları en sık alt ekstremitede ve özellikle ayak ve ayak bileği çevresi (%34) ve tibiada (%49) gözlenir.^[2,5,6] Her sporcuda görülebilmekle birlikte, daha sıklıkla koşucular ve zıplamalı spor yapan sporcularda gözlenir ve kadınlarda görülme sıklığı daha fazladır.^[2,7-10]

PATOGENEZ VE NEDENLERİ

Stres kırıkları, akut kırıklarının aksine, tek bir maksimum yüklenme ile değil tekrarlayıcı ve maksimum olmayan yüklenmeler ile oluşur.^[2,8] Bununla birlikte, kemik içindeki yapım ve yıkım dengesizliği de kırığın oluşması için uygun ortam oluşturur ve yüklenme sonrası mikrokırıklara neden olur.

Kırık oluşmadan önceki aşama *stres reaksiyonu* aşamasıdır ve semptomlar oluşmaya başlamıştır. MR'de kırık olmaksızın ödem ve sintigrafide ise tutulum ile tanı

- İletişim adresi: Dr. Umut Yavuz, İstanbul Aydın Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Sağlık Uygulama ve Araştırma Hastanesi, Küçükçekmece, İstanbul Tel: 0532 - 728 21 90 e-posta: umut78@yahoo.com
- Geliş tarihi: 1 Ocak 2018 Kabul tarihi: 1 Ocak 2018

konulur. Tedavi uygulanmaksızın stres etkeni ortadan kalkmaz ise *stres kırığı* oluşur. Stres kırığı oluşmasında *iç ve dış etkenler* tanımlanmıştır ve bunlar çoğunlukla birlikte dir.^[3,11-13] Hastanın anatomisi, yaş, cinsiyet, ayakta yapısal bozukluklar, kemik kalitesinde kayıp, kanlanma bozuklukları ve özellikle kadın sporcularda gözlenen hormonal bozukluklar, iç etkenlere örnek olarak sayılabilir. Aktivite tipi ve yoğunluğu, antrenman yoğunluğu, spor yapılan zemin, kullanılan teknik ve ekipman, beslenme tipi dış etkenlerdir. Kas yorgunluğu ve özellikle kadınlarda görülen kas kitlesi azlığı, kemiğe yüklenen strese karşı oluşması gereken kas korumasının daha az olmasına neden olmaktadır.^[12]

Kadın sporcularda stres kırığı, anatomik yapı, hormonal dengesizlik ve kas gücü gibi nedenlere bağlı olarak daha fazla gözlenir. Bacaktaki *genu valgum*'a sekonder olarak Q açısının fazla olması ve buna sekonder olarak artmış ayak pronasyonu, anatomik bir nedendir.^[12,14] Ayrıca, kadın sporcularda yeme hastalığı, amenore ve osteoporoz ile seyreden "*kadın atlet üçlemesi*" diğer bir kolaylaştırıcı etkidir. Özellikle yüksek dayanıklılık sporları, artistik patinaj, koşucular ve jimnastikçilerde sık gözlenir. Diğer bir önemli hormonal neden ise, her iki cinste seks hormonlarının sıkı antrenman dönemleri sonrasında düşmesi nedeniyle, osteoklastların artması, osteoblastların azalması ve bunlara bağlı olarak kemik mineral yoğunluğunun azalıp kemiklerin kırığa yatkın hale gelmesidir.^[15-17]

SINIFLAMA, TANI VE TEDAVİ

Stres kırıkları bulunduğu yer, iyileşme potansiyeli, kaynamama riski ve cerrahi tedavi gereksinimi gibi farklı özellikler göz önüne alınarak, *düşük riskli ve yüksek riskli* iki ana kategoriye ayrılmıştır (Tablo 1). Yüksek riskli stres kırıkları, tam kırık oluşma riski veya kaynamama riski daha fazla olan kırıklardır. Ayrıca, iyileşme süreci daha uzundur ve spora dönüş gecikir. Medial malleol, talus, navikula, proksimal 5. metatars ve

sesamoid kırıkları bu gruptandır. Düşük riskli kırıklar ise genellikle istirahat ve yükten kesme ile komplikasyonsuz tedavi edilir ve spora dönüş daha kısa sürede olur. Kalkaneus, fibula, metatars cisim kırıkları, küboid ve kuneiformlardaki kırıklar bu gruba girer.^[2,3,8,18]

Hastalar, sıklıkla uzun süredir devam eden, zamanla kendini gösteren ilerleyici bir ağrıdan şikayet ederler. Bazen ağrıya şişlik de eşlik edebilir. Şikayetlerin süresi ve miktarı, antrenman özellikleri, sporcunun özellikleri, ekipman ve zemine göre değişkenlik gösterir.^[3,6,7,11,13,19-21] Hastanın şikayetleri sorgulanırken; yaş, cinsiyet, beslenme şekli, antrenman özellikleri, ekipman ve zemin özellikleri ve bayanlarda menstrual siklus sorgulanmalıdır.^[3,7,8,14,21] Klinik muayene sırasında; topallama varlığı, şişlik, deri değişiklikleri, ağrının yayılım alanı ve palpasyonla ağrılı noktanın yeri dikkatlice değerlendirilmelidir. Bunun yanında, hastanın alt ekstremité anatomisi de değerlendirilerek stres kırığına zemin hazırlayacak patolojiler (kavus veya planus ayak, genu valgum) atlanmamalıdır.

Klinik şüphe oluşan sporcularda tanıyı kesinleştirmek için radyolojik tetkikler kullanılır. Geç dönemde radyografiler yeterli olurken, erken dönemde kallus görülemeyeceği için kemik sintigrafisi, manyetik rezonans (MR) görüntüleme ve bilgisayarlı tomografi (BT) gibi daha ileri radyolojik yöntemler kullanılır.^[2,22,23] Radyografik tetkik minimum iki haftanın sonunda bulgu verir ve rezorpsiyon, skleroz veya kallus gözlenebilir. Radyonükleid kemik sintigrafisinde Teknesyum-99 kullanılır ve olayın başlangıcından 48-72 saat sonra her üç fazda da tutulum olması ile tanı konulur. Çok yüksek oranda sensitivite oranına sahipken spesifisite oranı düşüktür ve yanlış pozitif (enfeksiyon veya malignite) verebilir. Zamanla, erken tanı açısından MR, sintigrafinin yerini almış ve hem spesifisite hem de sensitivite açısından üstünlük sağlaması nedeniyle altın standart tanı yöntemi olarak tercih edilmektedir.^[24-26] BT ise, stres reaksiyonunu göstermemekle birlikte, skleroz

Tablo 1. Ayak ve ayak bileği çevresi stres kırıklarının genel özellikleri

	Kırık yeri	Özellikleri
Yüksek riskli kırıklar	Medial malleol Talus Navikula Sesamoid 5. metatars bazisi	* İyileşme süresi ve spora dönüş uzundur. * Kaynamama riski vardır. * Cerrahi tedavi gerekebilir.
Düşük riskli kırıklar	Fibula/lateral malleol Kalkaneus Küboid Kuneiform Metatars cisim	* İyileşme süresi ve spora dönüş kısadır. * İstirahat ve yükten kesme ile sorunsuz iyileşir. * Cerrahi tedavi gerekmez.



Şekil 1. a, b. Talus orta-anterior kısımda görülen stres kırığı: sagittal kesit (a); koronal kesit (b).

ile birlikte komplet veya inkomplet kırıkları göstermek için kullanılabilir.^[22,26] Ayrıca, iyileşmenin takibi açısından daha üstün bir yöntemdir.

YÜKSEK RİSKLİ KIRIKLAR

Medial Malleol Stres Kırığı

Bu kırıklar sık görülmemekle birlikte, literatürde %4'e kadar bildiren yayınlar mevcuttur.^[9,27] Sıklıkla koşucular, zıplamalı ve tekme kullanılan sporlarda tekrarlayıcı rotasyonel yüklenme sonucu olduğu düşünülmektedir. Diğer bir neden olarak, anterior sıkışma yapacak osteofit gibi lezyonların da olduğu gösterilmiştir.^[28-30] Klinik değerlendirmede; aktivite sırasında ağrı, malleol üzerinde ve ayak bileğinin önünde hassasiyet ve şişlik gözlenir. Ayıncı tanıda PTT (posterior tibial tendon) yetmezliği, artrit, tarsal tünel sendromu ve deltoid bağ yaralanması sayılabilir. Stres kırığından şüphelenilen hastalarda öncelikle grafi çekilir. Grafide plafondan başlayan vertikal radyolusen bir hat görülmesi tanı koydurucudur. Grafide patoloji gözlenmez ise (%70 civarı), MR ve sintigrafi planlanmalıdır. MR, spesifitesinin yüksek olması, invaziv olmaması ve çok planlı görüntü alınabilmesi açısından daha üstündür ve daha çok tercih edilir.

Tedaviye aktivite modifikasyonu ve kısa dönem immobilizasyon ile başlanır. Şişlik ve hassasiyetin gerileme durumuna göre, hasta kontrollü şekilde spora başlatılır. Bu tedaviye rağmen şikayetleri devam eden veya grafide vertikal kırık hattı gözlenen hastalarda cerrahi tedavi seçilir.^[28,30-33] Cerrahi tedavide, açık

ya da kapalı 4 mm kanüle vida tedavisi veya sadece drilleme tedavileri uygulanmaktadır.^[28,29,32,33] Cerrahi sonrası ilk üç hafta yük verilmez ve sonrasında aşamalı olarak spora başlanır. Yapılan çalışmalarda tedavi konusunda fikir birliği olmasa da, cerrahi tedavi uygulanan hastaların spora dönüşünün daha kısa olduğu söylenmektedir.^[30,34]

Talus Stres Kırığı

Çok ender olan talus stres kırığı, ilk kez 1965 yılında tanımlanmıştır ve literatürde olgu sunumu şeklinde örnekler görülmektedir.^[35-37] Tekrarlayıcı aksiyel yüklenme yapan sporcular ve askeri personel, bu tarz kırık oluşmasına eğilimlidir. Hasta kliniğe, topallama ve ayak bileği ve ayak tabanına vuran ağrı ile başvurur. Palpasyonla, talus ön kısmına uyan bölgede hassasiyet ve şişlik gözlenebilir. Hastaların yarısından fazlasında kırık, talus baş kısmında gözlenmekle birlikte, sırasıyla cisim ve arka kısımlarda da gözlenebilmektedir.^[37,38] Nedenler ve ağrının yayılımı, bulunduğu yere göre değişebilir. Baş kısmı kırıkları navikula stres yaralanması; cisim kırıkları kalkaneus yaralanması ve arka kısım kırıkları da posterior sıkışma veya semptomatik os trigonum ile birliktelik gösterebilir.^[37] Bununla birlikte, lateral kısım kırıkları da gözlenebilir ve bunun da lateral kısmın kalkaneus lateral çıkıntısının talus posterolateral kısmı üzerine sıkışma yapması sonucu olduğu söylenmektedir.^[36,39,40] Tanı için radyografi çoğu zaman yetersizdir ve MR çoğunlukla tanı koydurucudur (Şekil 1).^[14,37] Tedavide belli bir standart yöntem

olmamakla birlikte, çoğu zaman istirahat ve yükten kesme gibi cerrahi dışı yöntemler ile 8–12 haftada iyileşme sağlanır.^[36,37] Avasküler nekroz bildiren çalışma yoktur, ancak birkaç hastada inatçı ağrı ile birlikte dejenerasyon bildirilmiştir.^[37]

Navikula Stres Kırığı

Bu kemik kırıkları sık görülmez, ancak çoğunlukla sürat koşucuları ve zıplama gerektiren sporları yapanlarda gözlenir ve kaynamama potansiyeli yüksek kırıklardan biridir.^[2,3,41] Ağrı genellikle ayak dorsal yüzde ve ayak medial kısmında yoğunlaşır.^[41] “N-nokta hassasiyeti” olarak da adlandırılan, navikula dorsal yüzde hassasiyet gözlenir.^[2,3,42]

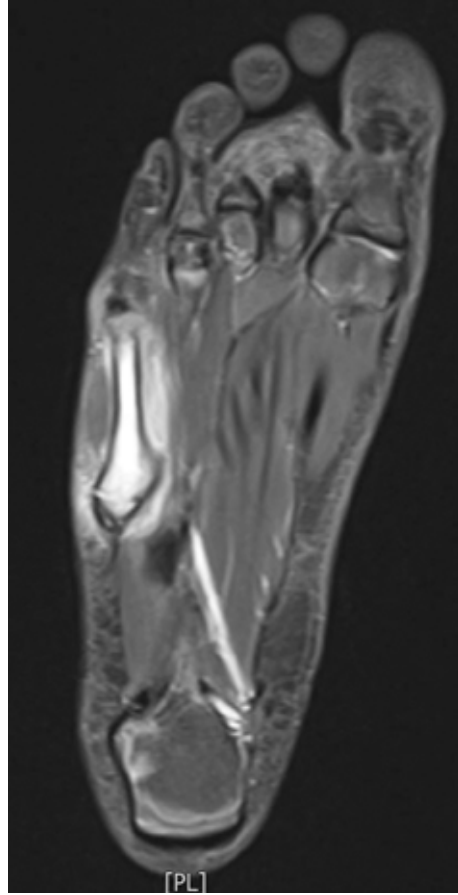
Navikula kanlanması, lateralde dorsalis pedisten gelen dal ve medialde ise tibialis posteriordan gelen dal ile olur ve orta kısım bu damarlardan gelen kanın yayılması ile beslenir.^[43] Bu nedenle, orta kısmın kanlanması hem stres kırığına daha meyilli olma hem de daha yavaş iyileşme nedenidir. Bunun dışında, navikula kemiğinin talus ve 1–2. metatarslar arasında makaslama gücüne maruz kalması^[44], uzun ikinci metatars, kavus ayak, metatarsus adduktus, talar kırılma ve sınırlı eklemler hareketleri, diğer nedenler arasındadır.^[3,44,45]

Navikula stres kırığında, kırık hattı proksimal dorsaldan plantar distale doğru yönelir.^[44,46] Radyolojik olarak öncelikle radyografi çekilir ve eğer negatif ise MR veya sintigrafi istenir. Bu kırıklarda bu iki yöntemin BT’ye üstünlüğü gösterilmemiştir.^[46,47]

Tedaviye, öncelikle yükten kesme ve kısa bacak alçı tedavisi olarak başlanır^[3,42,44,48] ve sıklıkla olumlu sonuç bildirilmiştir. Tedaviye 6–8 hafta devam edilmesi önerilir. Bununla birlikte, başlangıçta cerrahi tedavi uygulananlarda spora dönüşün daha erken olduğu ileri sürülse de, yapılan çalışmalarda sonuçlar arasında belirgin fark gösterilememiştir.^[41,48–50] Literatüre baktığımızda, cerrahi tedavi genellikle deplase kırıklar, sklerotik değişiklik olan deplase olmayan kırıklar, konservatif tedavinin yeterli olmadığı veya tolere edemeyen hastalar için önerilmiştir.^[44,51,52] İki adet 4,0 mm kanüle vida, sık uygulanan tekniktir ve sonrasında N-nokta hassasiyeti bitene kadar, yük vermeden takip edilir. Defektli veya skleroz olan kırıklarda otograft kullanılabilmektedir.

Proksimal Beşinci Metatars Stres Kırığı

Bu bölge stres kırıkları, akut kırıktan hem klinik hem de radyolojik olarak farklılık gösterir. Klinik şikayet süresi yaklaşık 3–6 hafta arasındadır ve ağrı genellikle diyafiz kısmına yayılır. Genellikle zıplamalı sporlarda görülür ve plantar fleksiyon sırasında tekrarlayıcı adduksiyon ve vertikal güç sonrası olduğu söylenmektedir.^[2,3,53,54]



Şekil 2. Beşinci metatars bazisi stres kırığı.

Ayrıca, kavovarus ayak, geniş 5. metatars abduksiyon açısı ve sınırlı ardayak eversiyonu, predispozan faktörler arasında sayılmaktadır.^[3,55,56]

Hastalar kliniğe genellikle uzun süredir var olan lateral ayak ağrısı, 5. metatars üzerinde hassasiyet ve inversiyon sırasında belirgin ağrı ile başvururlar. Radyografi geç bulgu verir ve tanı erken dönemde MR ile koyulur (Şekil 2). Torg ve ark.^[57] klinik ve radyolojik görünüme dayalı olarak bir sınıflama tanımlamışlardır. Tip 1 kırıklarda akut kırık ile birlikte keskin kırık hattı mevcuttur ve intramedüller skleroz yoktur. Tip 2 kırıklarda gecikmiş kaynama ile birlikte periosteal yeni kemik oluşumu ve skleroz mevcuttur. Tip 3 kırıklarda ise genellikle tekrarlayıcı travma öyküsü vardır ve kaynamama, geniş kırık hattı ve medullar kanalın kaybolması gözlenir.

Tedavi, genellikle kırığın aşamasına, aktivite düzeyine ve spora dönme talebine göre planlanır. Tip 1 kırıklar genellikle kısa bacak alçı ve yükten kesme ile tedavi edilir.^[57,58] Tip 2 ve 3 kırıklarda genellikle vida ve gergi bandı yöntemi ile cerrahi tedavi önerilmekle birlikte, otograft kullanımı da hastaya bağlı olarak

cerrahiye eklenebilmektedir.^[53,54,56,57,59] Plantar gap 1 mm'den büyük olanlarda kaynama zamanı yüksek olarak bulunmuş ve bu tip kırıklarda ve Tip 3 kırıklarda otogreftleme önerilmiştir.^[50,60,61] Cerrahi sonrası ikinci haftada yük verilmiş; ortalama spora dönüş cerrahiye göre değişmekle birlikte, Tip 2 kırıklarda sekiz hafta, Tip 3 kırıklarda ise 12-16 hafta arası olarak gözlenmiştir.^[57,60]

Sesamoid Stres Kırığı

Medial sesamoid kemiği direkt 1. metatars başı altındadır ve bu nedenle daha sıklıkla kırık gözlenir. Dansçılar, basketbolcular ve atlamalı sporları yapanlarda sıkır ve parmakların güçlü dorsifleksiyonu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.^[16,62,64] Şişlik, palpasyonla hassasiyet ve güçlü dorsifleksiyonda şiddetlenen ağrı şikayetleri mevcuttur. Ayırıcı tanıda; sesamoidit, gut, akut kırık, sinir tuzaklanması ve artritis sayılabilir.^[62]

Radyolojik olarak öncelikle her iki ayak radyografisi istenir ve bipartit sesamoid ile ayırım sağlanır. Keskin kenarlı olması ve parçalı olması ile bipartit sesamoidden ayırım sağlanır. Bununla birlikte kesin tanı MR veya BT ile sağlanır. MR ayrıca ayırıcı tanı için de etkin bir tetkik yöntemidir.

Tedavide ilk uygulanacak yöntem; istirahat, yükten kesme, ayakkabı modifikasyonu, ilaç tedavisi veya steroid enjeksiyonudur.^[16,62-64] Tedaviye rağmen 8-12 hafta yanıt alınamayan hastalarda; perkütan vidalama, greftleme, kısmi veya total sesamoidektomi uygulanmakta ve %90'ın üstünde başarı sağlanmaktadır. Bununla birlikte, cerrahi sonrası halluks valgus ve fleksör hallusis longus yaralanması bildirilen komplikasyonlar arasındadır.^[7,16,64-66]

DÜŞÜK RİSKLİ KIRIKLAR

Fibula Stres Kırığı

Çok nadir bir kırık olsa da, koşucularda sık rastlanmaktadır.^[6] Fibula boyunca oluşabilmekle birlikte en sık distal 1/3'lük kısımda ve sindesmotik bağların hemen proksimalinde görüldüğü bildirilmiştir.^[6] Diğer bir çalışmada ise, en sık yerleşim yerinin lateral malleol tipinin 4-7 cm üzeri olduğu bulunmuştur.^[67]

Bu bölge stres kırıklarının, tekrarlayıcı aksiyel yüklenme ve ayak bileği fleksörlerinin güçlü kasılması kombinasyonu ile oluştuğu düşünülmektedir. Aksiyel yüklenme ile, fibulaya vücut ağırlığının %2-10 kadarı bir yük biner ve bu, ayak bileği pozisyonuna göre değişkenlik gösterir.^[67,68] Ayrıca, kırık oluşumu sporcuya veya antrenman şekline ve yerine göre de değişmektedir.

Hastalar sıklıkla, sinsi başlayan ve spor sırasında artan ayak bileği dış yan ağrısı ve şişlikten şikayetçidirler. Erken dönemde radyografiler sıklıkla bulgu vermez, MR veya sintigrafi planlanır. MR'nin sintigrafiye üstünlüğü, hem spesifitesinin yüksek olması hem de ayırıcı tanılar olan tendinit, kondral lezyon, peroneal tendon hastalıkları veya lateral kompartman sendromu gibi hastalıkları da gösterebilmesidir.

Cerrahi dışı tedaviler çoğunlukla yeterlidir ve cerrahi tedavi gerektirmez. İstirahat, aktivite modifikasyonu ve bazen de kısa süre yükten kesme sonrası rahatlama sağlanır. Kırık bölgesinde hassasiyet kaybolunca ve radyolojik iyileşme gözlenince spora dönüşü izin verilir.^[67,68]

Kalkaneus Stres Kırığı

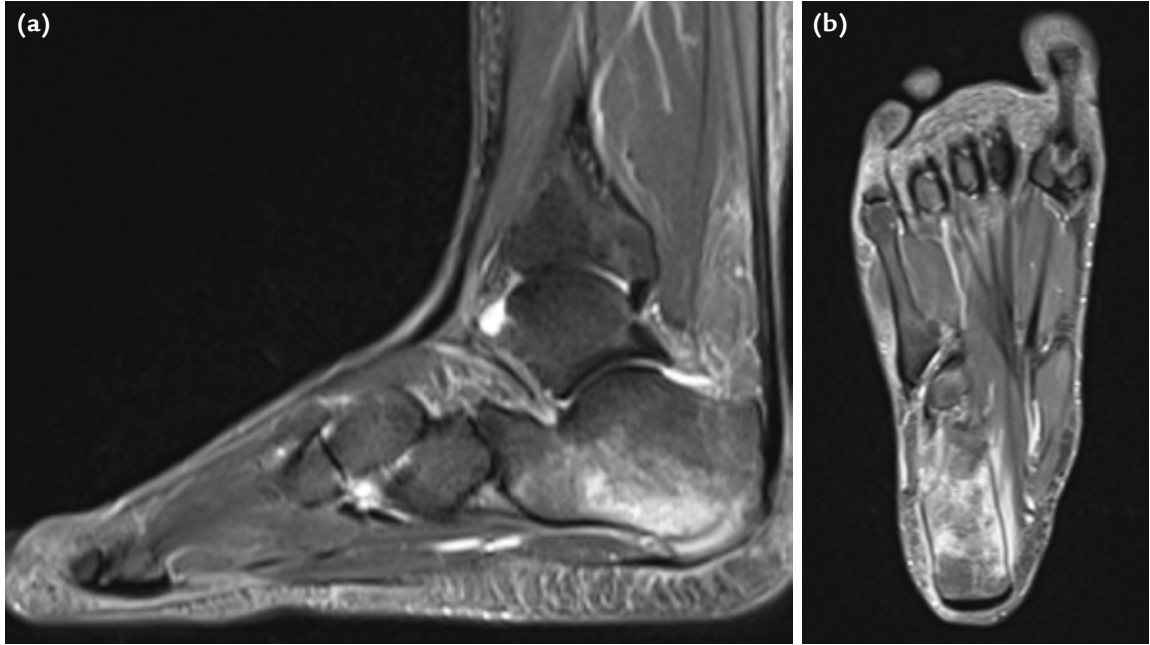
Sıklıkla uzun mesafe koşucularında ve askeri personelde gözlenmekle birlikte, askerler ile ilgili olgu serileri literatürde daha sıkır.^[6,69,70] Hastalar kliniğe sıklıkla sinsi başlayan, zamanla artan ve de özellikle de aktivite ile kendini gösteren ağrı ile başvururlar. Şişlik, her zaman olmamakla birlikte gözlenebilir. "Kalkaneal kompresyon testi" sıklıkla pozitifdir. Ayırıcı tanıda; plantar fasiit, Baxter sinir tuzaklanması, Aşil tendiniti, Sever hastalığı ve retrokalkaneal burisit akla getirilmelidir.^[3]

Hastaların erken dönem çekilen radyografilerinde çoğunlukla bulgu saptanamamakla birlikte, üç haftadan sonra vertikal sklerotik bir hat şeklinde gözlenebilir. Kesin tanı sintigrafi ve MR ile konulabilir, ancak diğer ayırıcı tanıların elenmesi açısından MR daha etkin bir yöntemdir (Şekil 3). Güncel bir çalışmada, MR çekilen hastaların %56'sında posterior tuberositas seviyesinde kırık gözlenmekle birlikte, kalan hastalarda ön ve orta kısımda kırık görülmüştür.^[70] Hastalar, yükten kesme ve istirahat ile yaklaşık sekiz haftada tedavi edilebilir ve spora dönebilirler.

Metatars Cismi Stres Kırığı

Sıklıkla koşucu ve askerlerde olmakla birlikte, dansçı ve basketbolcularda da gözlenebilmektedir.^[6,9,27,71] Sıklıkla 2. ve 3. metatarslarda gözlenmekle birlikte (Şekil 4) en sık 2. metatars distalinde gözlenir.^[63] Sıklıkla yoğun egzersiz ve antrenman yüzeyi değişiklikleri sonrasında gözlemlendiği belirtilmiştir.

Hastalar çoğunlukla, sinsi başlangıçlı ve yük verince oluşan ön ayak ağrısı, yürümede zorlanma ve bazen de şişlik şikayeti ile başvururlar. Muayenede, N-nokta hassasiyeti, sıkıştırma testinde pozitiflik ve şişlik gözlenebilir. Metatarsalji, enfeksiyon ve Morton nöroma ayırıcı tanılar arasında belirgin olanlardır.



Şekil 3. a, b. Basketbol oyuncusunda görülen kalkaneus stres kırığı: sagittal kesit (a); aksiyel kesit (b).



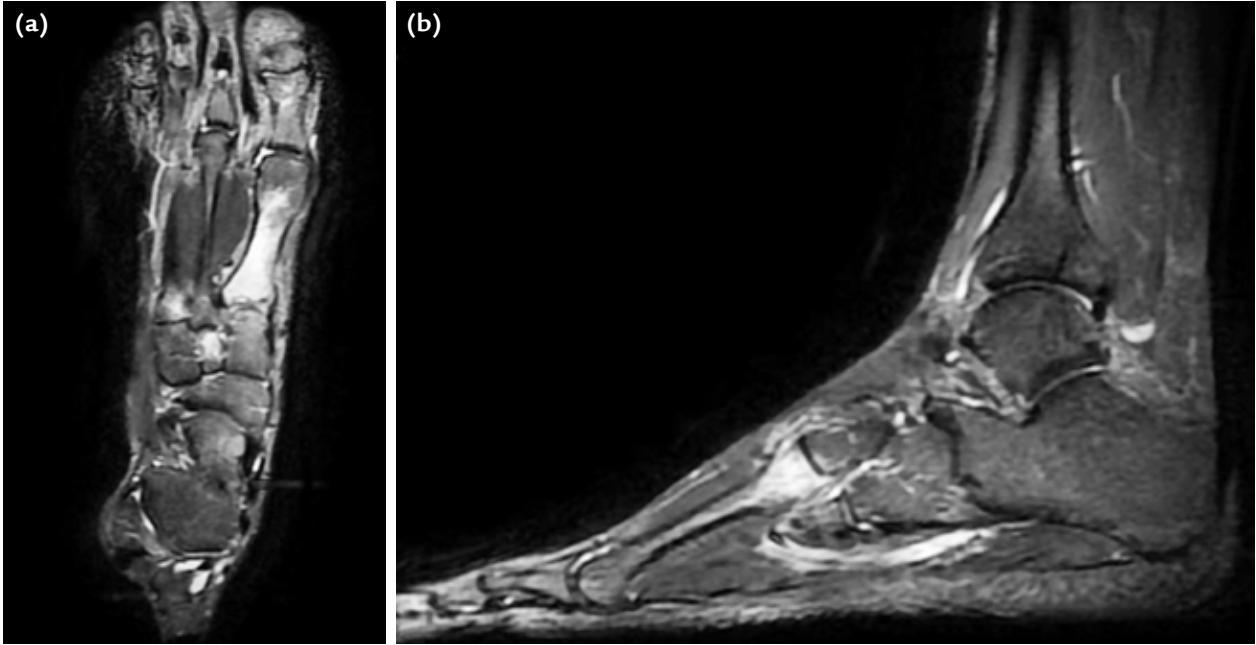
Şekil 4. a, b. Koşucu hastada 3. metatars stres kırığı: aksiyel kesit (a); sagittal kesit (b).

Radyografi ilk üç haftaya kadar çoğunlukla bulgu vermez. Sintigrafi ve MR ileri tetkikler açısından çok yararlıdır ve özellikle MR ayırıcı tanıların değerlendirilmesi açısından daha değerlidir (Şekil 5).

Tedaviye öncelikle aktivite modifikasyonu ve yükten kesme ile başlanır. Genellikle 6–8 haftada spora dönüş sağlanır. Bazı hastalarda tedaviye, sert tabanlılık, bantlama, yürüme botu veya nadiren yürüme alçısı eklenebilir.

Kuneiform Stres Kırığı

Kuneiform stres kırığı ilk kez 1936 yılında askerlerde marş yürümesi sonrası ve medialde bildirilse de, sporcularda da görülmektedir.^[19,20,72] Zamanla lateral kuneiformda da bildirilmiştir.^[20,73] Radyografi ilk tanı aracı olsa da, MR daha tanı koydurucudur. Kemik iliği ile birlikte kırık hattı gözlenebilir.^[72] Ayak yük akslarından kaynaklanan kompresyon ve bending kuvvetleri ve



Şekil 5. a, b. Birinci metatars stres kırığı: aksiyel kesit (a); sagittal kesit (b).

kas yapışmalarının yarattığı güçler kırık oluşumunda etkilidir.^[19,20]

Sıklıkla cerrahi tedavi gerekmez. İlk altı hafta yükten keserek ya da kısmi yük vererek tedaviye başlanır ve ağrı tolere edilince spora dönmeye izin verilir.

DİĞER TEDAVİLER

Kalsiyum ve D vitamini

Kemik döngüsü ve iyileşmesinde kalsiyum ve D vitamininin büyük rolü olmasına rağmen, bunların stres kırıkları üzerine etkisi net olarak gösterilememiştir.^[7,74,75] Askerlerde ve yoğun antrenman dönemlerinde kemik döngüsü yüksek seviyelerde olmasına rağmen stres kırıkları da gözlenebilmektedir.^[38,76,77] Buradan yola çıkılarak çeşitli çalışmalar yapılmış^[78,79], McCabe ve ark. bu çalışmaları genel olarak değerlendirdiklerinde, stres kırığını önlemekle D vitamini arasında kesin bir ilişkinin varlığını gösterememişlerdir.^[80] Stres kırığı ile kalsiyum ve D vitamini arasında uyum olduğunu söyleyen çalışmalarda, kalsiyum ve D vitamini miktarının yaş, cinsiyet ve antrenman yoğunluğuna bağlı olarak değiştiği, günlük 500–2000 mg kalsiyum ve 800–2000IU D vitamini desteğinin stres kırığını azaltacağı belirtilmiştir.^[75,80–83]

Kemik Uyarıları

Kırık iyileşmesi üzerine *elektromanyetik uyarılar* ve *pulse ultrasonik uyarıların* etkileri değerlendirilmiştir.

Elektromanyetik uyarılar, kemik etrafında manyetik bir alan oluşturur ve hücre membranında kalmodulini arttırarak kalsiyum kanallarını açar ve bu da hücre çoğalmasını arttırır.^[84] Ultrasonografi ise vasküler endotelial büyüme faktörü (VEGF) ve fibroblast büyüme faktörünü (FGF) arttırarak anjiyogenezisi uyarır ve kemik metabolizmasının aktivitesini gösteren ALP, kemik sialoprotein ve hücre içi kalsiyum artar.^[85] Her iki yöntem için de kırık iyileşmesi üzerine olumlu etkilerini gösteren çalışmalar mevcut ise de^[86,87], stres kırıkları üzerine olumlu etkileri üzerinde henüz fikir birliği yoktur^[88] ve yüksek seviyeli kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır.

Bifosfonatlar

Bifosfonatlar osteoklast aktivasyonunu ve kemik yıkımını inhibe ederek etki göstermekle birlikte, stres kırıklarında plasebo ile karşılaştırmalı yapılan çalışmalar sonucunda, stres kırığı üzerinde olumlu bir etkileri kanıtlanamamıştır.^[89,90]

ESWT

Yüksek enerjili ($>0,2 \text{ mJ/mm}^3$) ve düşük enerjili ($<0,2 \text{ mJ/mm}^3$) akustik dalgalar şeklinde kullanılır ve etki ettikleri doku derinlikleri farklıdır. Dokular üzerinde yeniden damarlanma, büyüme faktörü salınımı ve osteojenik kök hücre uyararı olarak etki ettiği söylenmektedir.^[91] Avasküler nekroz, kaynamama ve stres kırığı üzerine etkisi olduğu söylenen az olgulu

seriler^[92,93] mevcut olsa da, etkinliğini net olarak gösterebilmek için daha yüksek seviyeli çalışmalara ihtiyaç vardır.

Kalsitonin

Osteoklastların inhibisyonu ile etkisini gösterir. Kemik mineralizasyonu ve biyomekanik özellikleri üzerine olumlu etkisi bilinse de, stres kırıklarında durdurucu ajan olarak kullanılmış, fakat tartışmalı sonuçlar bildirilmiştir.^[94,95]

Oral Kontraseptif (OKS)

Yoğun antrenman programının ilk günlerinde düşük hormon seviyeleri gözlenir ve bu da kemik yoğunluğunda azalma ve ikincil amenore nedeni olarak gösterilmiştir.^[96] Özellikle koşucu ve kadın askerlerde yapılan bir çalışmada, amenore gelişenlerde OKS kullanımı ile yılda %1'lik kemik mineralizasyonunda artış görülmesine karşın, stres kırığına karşı koruyuculuk anlamında ciddi bir etkisi gözlenmemiştir.^[96-98]

SONUÇ

Ayak ve ayak bileği çevresi stres kırıkları, spor yaralanmalarında çok sık gözlenmemekle birlikte, bütün stres kırıklarının yaklaşık yansını içerir. Genellikle sinsi başlangıçlı ağrı ile kendini gösterir. Üç haftaya kadar radyografik tetkikler genellikle tanı koydurmaz. Kemik sintigrafisi ve MR etkin yöntemler arasındadır ve özellikle MR, ayırıcı tanılarının elenmesi açısından yararlıdır. Tedaviler çoğu zaman cerrahi dışı yöntemlerdir. Tedavinin süresi ve yöntemi, kırığın yeri ve türüne göre değişkenlik gösterebilir. Nadiren de olsa cerrahi tedavi uygulanması gerekebilir. Seçilecek tedavinin türü ve ek tedavi seçeneklerinin etkinliğinin değerlendirilmesi açısından, olgu serilerinden ziyade, yüksek kaliteli çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

- Hulkko A, Orava S. Stress fractures in athletes. *Int J Sports Med* 1987;8(3):221-6. [Crossref](#)
- Boden BP, Osbahr DC. High-risk stress fractures: evaluation and treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 2000;8(6):344-53.
- Gehrmann RM, Renard RL. Current concepts review: stress fractures of the foot. *Foot Ankle Int* 2006;27(9):750-7.
- Wentz L, Liu PY, Haymes E, Ilich JZ. Females have a greater incidence of stress fractures than males in both military and athletic populations: a systemic review. *Mil Med* 2011;176(4):420-30.
- Hame SL, LaFemina JM, McAllister DR, Schaadt GW, Dorey FJ. Fractures in the collegiate athlete. *Am J Sports Med* 2004;32(2):446-51. [Crossref](#)
- Matheson GO, Clement DB, McKenzie DC, Taunton JE, Lloyd-Smith DR, Macintyre JG. Stress fractures in athletes: a study of 320 cases. *Am J Sports Med* 1987;15(1):46-58. [Crossref](#)
- Bennell KL, Malcolm SA, Thomas SA, Reid SJ, Brukner PD, Ebeling PR, Wark JD. Risk factors for stress fractures in track and field athletes. A twelve-month prospective study. *Am J Sports Med* 1996;24(6):810-8. [Crossref](#)
- Boden BP, Osbahr DC, Jimenez C. Low-risk stress fractures. *Am J Sports Med* 2001;29(1):100-11. [Crossref](#)
- Brukner P, Bradshaw C, Khan KM, White S, Crossley K. Stress fractures: a review of 180 cases. *Clin J Sports Med* 1996;6(2):85-9.
- Changstrom BG, Brou L, Khodae M, Braund C, Comstock RD. Epidemiology of stress fracture injuries among US high school athletes, 2005-2006 through 2012-2013. *Am J Sports Med* 2015;43(1):26-33. [Crossref](#)
- Korpelainen R, Orava S, Karpakka J, Siira P, Hulkko A. Risk factors for recurrent stress fractures in athletes. *Am J Sports Med* 2001;29(3):304-10. [Crossref](#)
- Maitra RS, Johnson DL. Stress fractures. Clinical history and physical examination. *Clin Sports Med* 1997;16(2):259-74.
- Stanitski CL, McMaster JH, Scranton PE. On the nature of stress fractures. *Am J Sports Med* 1978;6(6):391-6. [Crossref](#)
- Barrow GW, Saha S. Menstrual irregularity and stress fractures in collegiate female distance runners. *Am J Sports Med* 1988;16(3):209-16. [Crossref](#)
- Voss LA, Fadale PD, Hulstyn MJ. Exercise-induced loss of bone density in athletes. *J Am Acad Orthop Surg* 1998;6(6):349-57.
- Van Hal ME, Keene JS, Lange TA, Clancy WG Jr. Stress fractures of the great toe sesamoids. *Am J Sports Med* 1982;10(2):122-8. [Crossref](#)
- Barrack MT, Gibbs JC, De Souza MJ, Williams NI, Nichols JF, Rauh MJ, Nattiv A. Higher incidence of bone stress injuries with increasing female athlete triad-related risk factors: a prospective multisite study of exercising girls and women. *Am J Sports Med* 2014;42(4):949-58. [Crossref](#)
- Mallee WH, Weel H, van Dijk CN, van Tulder MW, Kerkhoffs GM, Lin CW. Surgical versus conservative treatment for high-risk stress fractures of the lower leg (anterior tibial cortex, navicular and fifth metatarsal base): a systematic review. *Br J Sports Med* 2015;49(6):370-6. [Crossref](#)
- Meurman KO. Less common stress fractures in the foot. *Br J Radiol* 1981;54(637):1-7. [Crossref](#)
- Meurman KO, Elfving S. Stress fracture of the cuneiform bones. *Br J Radiol* 1980;53(626):157-60. [Crossref](#)
- Shaffer RA, Rauh MJ, Brodine SK, Trone DW, Macera CA. Predictors of stress fractures in young female recruits. *Am J Sports Med* 2006;34(1):108-15. [Crossref](#)
- Spitz DJ, Newberg AH. Imaging of stress fractures in the athlete. *Radiol Clin North Am* 2002;40(2):313-31.
- Arendt EA, Griffiths HJ. The use of MR imaging in the assessment and clinical management of stress reactions of bone in high-performance athletes. *Clin Sports Med* 1997;16(2):291-306.
- Anderson MW, Greenspan A. Stress fractures. *Radiology* 1996;199(1):1-12. [Crossref](#)
- Ziessman H, O'Malley J, authors. Thrall J, editor. *Nuclear medicine: The Requisites*, 4th ed. St Louis (MO): Saunders; 2014.
- Niva MH, Sormaala MJ, Kiuru MJ, Haataja R, Ahovuo JA, Pihlajamäki HK. Bone stress injuries of the ankle and foot: an 86-month magnetic resonance imaging-based study of physically active young adults. *Am J Sports Med* 2007;35(4):643-9. [Crossref](#)
- Iwamoto J, Takeda T. Stress fractures in athletes: review of 196 cases. *J Orthop Sci* 2003;8(3):273-8. [Crossref](#)

28. Shelbourne KD, Fisher DA, Rettig AC, McCarroll JR. Stress fractures of the medial malleolus. *Am J Sports Med* 1988;16(1):60-3. [Crossref](#)
29. Jowett AJ, Birks CL, Blackney MC. Medial malleolar stress fracture secondary to chronic ankle impingement. *Foot Ankle Int* 2008;29(7):716-21. [Crossref](#)
30. Shabat S, Smapson KB, Mann G, Gepstein R, Eliakim A, Shenkman Z, Nyska M. Stress fractures of the medial malleolus –review of the literature and report of a 15-year-old gymnast. *Foot Ankle Int* 2002;23(7):647-50. [Crossref](#)
31. Lempainen L, Liimatainen E, Heikkilä J, Alonso J, Sarimo J, Mattila K, Orava S. Medial malleolar stress fracture in athletes: diagnosis and operative treatment. *Scand J Surg* 2012;101(4):261-4. [Crossref](#)
32. Orava S, Karpakka J, Taimela S, Hulkko A, Permi J, Kujala U. Stress fracture of the medial malleolus. *J Bone Joint Surg Am* 1995;77(3):362-5.
33. Kor A, Saltzman AT, Wempe PD. Medial malleolar stress fractures. Literature review, diagnosis, and treatment. *J Am Podiatr Med Assoc* 2003;93(4):292-7.
34. Irion V, Miller TL, Kaeding CC. The treatment and outcomes of medial malleolar stress fractures: a systematic review of the literature. *Sports Health* 2014;6(6):527-30. [Crossref](#)
35. Rossi F, Dragoni S. Talar body fatigue stress fractures: three cases observed in elite female gymnasts. *Skeletal Radiol* 2005;34(7):389-94. [Crossref](#)
36. Bradshaw C, Khan K, Brukner P. Stress fracture of the body of the talus in athletes demonstrated with computer tomography. *Clin J Sports Med* 1996;6(1):48-51.
37. Sormaala MJ, Niva MH, Kiuru MJ, Mattila VM, Pihlajamäki HK. Bone stress injuries of the talus in military recruits. *Bone* 2006;39(1):199-204. [Crossref](#)
38. Evans RK, Antczak AJ, Lester M, Yanovich R, Israeli E, Moran DS. Effects of a 4-month recruit training program on markers of bone metabolism. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40(11 Suppl):S660-70. [Crossref](#)
39. Black KP, Ehlert KJ. A stress fracture of the lateral process of the talus in a runner. A case report. *J Bone Joint Surg Am* 1994;76(3):441-3.
40. Motto SG. Stress fracture of the lateral process of the talus –a case report. *Br J Sports Med* 1993;27(4):275-6.
41. Torg JS, Pavlov H, Cooley LH, Bryant MH, Arnoczky SP, Bergfeld J, Hunter LY. Stress fractures of the tarsal navicular. A retrospective review of twenty-one cases. *J Bone Joint Surg Am* 1982;64(5):700-12.
42. Khan KM, Fuller PJ, Brukner PD, Kearney C, Burry HC. Outcome of conservative and surgical management of navicular stress fracture in athletes. Eighty-six cases proven with computerized tomography. *Am J Sports Med* 1992;20(6):657-66. [Crossref](#)
43. Leabhart JW. Stress fractures of the calcaneus. *J Bone Joint Surg Am* 1959;41-A:1285-90.
44. Fitch KD, Blackwell JB, Gilmour WN. Operation for non-union of stress fracture of the tarsal navicular. *J Bone Joint Surg Br* 1989;71(1):105-10.
45. Khan KM, Brukner PD, Kearney C, Fuller PJ, Bradshaw CJ, Kiss ZS. Tarsal navicular stress fracture in athletes. *Sports Med* 1994;17(1):65-76.
46. Burne SG, Mahoney CM, Forster BB, Koehle MS, Taunton JE, Khan KM. Tarsal navicular stress injury: long-term outcome and clinicoradiologic correlation using both computed tomography and magnetic resonance imaging. *Am J Sports Med* 2005;33(12):1875-81. [Crossref](#)
47. Finestone A, Giladi M, Elad H, Salmon A, Mendelson S, Eldad A, Milgrom C. Prevention of stress fractures using custom biomechanical shoe orthoses. *Clin Orthop Relat Res* 1999;360:182-90.
48. Saxena A, Fullem B, Hannaford D. Results of treatment of 22 navicular stress fractures and a new proposed radiographic classification system. *J Foot Ankle Surg* 2000;39(2):96-103.
49. Saxena A, Fullem B. Navicular stress fractures: a prospective study on athletes. *Foot Ankle Int* 2006;27(11):917-21. [Crossref](#)
50. Torg JS, Moyer J, Gaughan JP, Boden BP. Management of tarsal navicular stress fractures: conservative versus surgical treatment: a meta-analysis. *Am J Sports Med* 2010;38(5):1048-53. [Crossref](#)
51. Lee S, Anderson RB. Stress fractures of the tarsal navicular. *Foot Ankle Clin* 2004;9(1):85-104. [Crossref](#)
52. Gross CE, Nunley JA 2nd. Navicular Stress Fractures. *Foot Ankle Int* 2015;36(9):1117-22. [Crossref](#)
53. DeLee JC, Evans JP, Julian J. Stress fracture of the fifth metatarsal. *Am J Sports Med* 1983;11(5):349-53. [Crossref](#)
54. Kavanaugh JH, Brower TD, Mann RV. The Jones fracture revisited. *J Bone Joint Surg Am* 1978;60(6):776-82.
55. Hetsroni I, Nyska M, Ben-Sira D, Mann G, Segal O, Maoz G, Ayalon M. Analysis of foot structure in athletes sustaining proximal fifth metatarsal stress fracture. *Foot Ankle Int* 2010;31(3):203-11. [Crossref](#)
56. Lee KT, Kim KC, Park YU, Kim TW, Lee YK. Radiographic evaluation of foot structure following fifth metatarsal stress fracture. *Foot Ankle Int* 2011;32(8):796-801. [Crossref](#)
57. Torg JS, Balduini FC, Zelko RR, Pavlov H, Peff TC, Das M. Fractures of the base of the fifth metatarsal distal to the tuberosity. Classification and guidelines for non-surgical and surgical management. *J Bone Joint Surg Am* 1984;66(2):209-14.
58. Zogby RG, Baker BE. A review of nonoperative treatment of Jones' fracture. *Am J Sports Med* 1987;15(4):304-7. [Crossref](#)
59. Porter DA, Duncan M, Meyer SJ. Fifth metatarsal Jones fracture fixation with a 4 5-mm cannulated stainless steel screw in the competitive and recreational athlete: a clinical and radiographic evaluation. *Am J Sports Med* 2005;33(5):726-33. [Crossref](#)
60. Lee KT, Park YU, Young KW, Kim JS, Kim JB. Surgical results of 5th metatarsal stress fracture using modified tension band wiring. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2011;19(5):853-7. [Crossref](#)
61. Lee KT, Park YU, Young KW, Kim JS, Kim JB. The plantar gap: another prognostic factor for fifth metatarsal stress fracture. *Am J Sports Med* 2011;39:2206-11. [Crossref](#)
62. Biedert R, Hintermann B. Stress fractures of the medial great toe sesamoids in athletes. *Foot Ankle Int* 2003;24(2):137-41. [Crossref](#)
63. Brockwell J, Yeung Y, Griffith JF. Stress fractures of the foot and ankle. *Sports Med Arthrosc Rev* 2009;17(3):149-59. [Crossref](#)
64. Pagenstert GI, Valderrabano V, Hintermann B. Medial sesamoid nonunion combined with hallux valgus in athletes: a report of two cases. *Foot Ankle Int* 2006;27(2):135-40. [Crossref](#)
65. Anderson RB, McBryde AM Jr. Autogenous bone grafting of hallux sesamoid nonunions. *Foot Ankle Int* 1997;18(5):293-6. [Crossref](#)

66. Saxena A, Krisdakumtorn T. Return to activity after sesamoidectomy in athletically active individuals. *Foot Ankle Int* 2003;24(5):415-9. [Crossref](#)
67. Devas MB, Sweetnam R. Stress fractures of the fibula; a review of fifty cases in athletes. *J Bone Joint Surg Br* 1956;38-B(4):818-29.
68. Takebe K, Nakagawa A, Minami H, Kanazawa H, Hirohata K. Role of the fibula in weight-bearing. *Clin Orthop Relat Res* 1984;(184):289-92.
69. Hullinger CW. Insufficiency fractures of the calcaneus. *J Bone Joint Surg* 1944;26:751-7.
70. Sormaala MJ, Niva MH, Kiuru MJ, Mattila VM, Pihlajamäki HK. Stress injuries of the calcaneus detected with magnetic resonance imaging in military recruits. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88(10):2237-42. [Crossref](#)
71. Albisetti W, Perugia D, De Bartolomeo O, Tagliabue L, Camerucci E, Calori GM. Stress fractures of the base of the metatarsal bones in young trainee ballet dancers. *Int Orthop* 2010;34(1):51-5. [Crossref](#)
72. Bui-Mansfield LT, Thomas WR. Magnetic resonance imaging of stress injury of the cuneiform bones in patients with plantar fasciitis. *J Comput Assist Tomogr* 2009;33(4):593-6. [Crossref](#)
73. Childress HM. March fractures of the lower extremity. Report of a case of March fracture of a cuneiform bone. *War Medicine* 1943;4:152-60.
74. Cline AD, Jansen GR, Melby CL. Stress fractures in female army recruits: implications of bone density, calcium intake, and exercise. *J Am Coll Nutr* 1998;17(2):128-35.
75. Lappe J, Cullen D, Haynatzki G, Recker R, Ahlf R, Thompson K. Calcium and vitamin D supplementation decreases incidence of stress fractures in female navy recruits. *J Bone Miner Res* 2008;23(5):741-9. [Crossref](#)
76. Friedl KE, Evans RK, Moran DS. Stress fracture and military medical readiness: bridging basic and applied research. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40(11 Suppl):S609-22. [Crossref](#)
77. Jones BH, Thacker SB, Gilchrist J, Kimsey CD Jr, Sosin DM. Prevention of lower extremity stress fractures in athletes and soldiers: a systematic review. *Epidemiol Rev* 2002;24(2):228-47.
78. Tangpricha V, Pearce EN, Chen TC, Holick MF. Vitamin D insufficiency among free-living healthy young adults. *Am J Med* 2002;112(8):659-62.
79. Constantini NW, Arieli R, Chodick G, Dubnov-Raz G. High prevalence of vitamin D insufficiency in athletes and dancers. *Clin J Sport Med* 2010;20(5):368-71. [Crossref](#)
80. McCabe MP, Smyth MP, Richardson DR. Current concept review: vitamin D and stress fractures. *Foot Ankle Int* 2012;33(6):526-33. [Crossref](#)
81. Nieves JW, Melsop K, Curtis M, Kelsey JL, Bachrach LK, Greendale G, Sowers MF, Sainani KL. Nutritional factors that influence change in bone density and stress fracture risk among young female cross-country runners. *PM R* 2010;2(8):740-50. [Crossref](#)
82. Bischoff-Ferrari HA, Willett WC, Wong JB, Giovannucci E, Dietrich T, Dawson-Hughes B. Fracture prevention with vitamin D supplementation: a meta-analysis of randomized controlled trials. *JAMA* 2005;293(18):2257-64. [Crossref](#)
83. National Institutes of Health Office of Dietary Supplements. Dietary supplement fact sheet vitamin D. <http://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminD-HealthProfessional/> Accessed: May 4, 2018.
84. Brighton CT, Wang W, Seldes R, Zhang G, Pollack SR. Signal transduction in electrically stimulated bone cells. *J Bone Joint Surg Am* 2001;83-A(10):1514-23.
85. Khan Y, Laurencin CT. Fracture repair with ultrasound: clinical and cell-based evaluation. *J Bone Joint Surg Am* 2008;90 Suppl 1:S138-44. [Crossref](#)
86. Beck BR, Matheson GO, Bergman G, Norling T, Fredericson M, Hoffman AR, Marcus R. Do capacitively coupled electric fields accelerate tibial stress fracture healing? A randomized controlled trial. *Am J Sports Med* 2008;36(3):545-53. [Crossref](#)
87. Busse JW, Kaur J, Mollon B, Bhandari M, Tornetta P, Schünemann HJ, Guyatt GH. Low intensity pulsed ultrasonography for fractures: systematic review of randomized controlled trials. *BMJ* 2009;338:b351. [Crossref](#)
88. Needle AR, Kaminski TW. Effectiveness of low-intensity pulsed ultrasound, capacitively coupled electric fields, or extracorporeal shock wave therapy in accelerating stress fracture healing: a systematic review. *Athl Train Sports Health Care* 2009;1(3):133-9. [Crossref](#)
89. Barrett JG, Sample SJ, McCarthy J, Kalsheuer VL, Muir P, Prokuski L. Effect of short-term treatment with alendronate on ulnar bone adaptation to cyclic fatigue loading in rats. *J Orthop Res* 2007;25(8):1070-7. [Crossref](#)
90. Milgrom C, Finestone A, Novack V, Pereg D, Goldich Y, Kreiss Y, Zimlichman E, Kaufman S, Liebergall M, Burr D. The effect of prophylactic treatment with risedronate on stress fracture incidence among infantry recruits. *Bone* 2004;35(2):418-24. [Crossref](#)
91. Furia JP, Rompe JD, Cacchio A, Maffulli N. Shock wave therapy as a treatment of nonunions, avascular necrosis, and delayed healing of stress fractures. *Foot Ankle Clin* 2010;15(4):651-62. [Crossref](#)
92. Moretti B, Notarnicola A, Garofalo R, Moretti L, Patella S, Marlinghaus E, Patella V. Shock waves in the treatment of stress fractures. *Ultrasound Med Biol* 2009;35(6):1042-9. [Crossref](#)
93. Taki M, Iwata O, Shiono M, Kimura M, Takagishi K. Extracorporeal shock wave therapy for resistant stress fracture in athletes: a report of 5 cases. *Am J Sports Med* 2007;35(7):1188-92. [Crossref](#)
94. Li X, Luo X, Yu N, Zeng B. Effects of salmon calcitonin on fracture healing in ovariectomized rats. *Saudi Med J* 2005;28(1):60-4.
95. Manabe T, Mori S, Mashiba T, Cao Y, Kaji Y, Iwata K, Komatsubara S, Yamamoto T, Seki A, Norimatsu H. Eel calcitonin (elcatonin) suppressed callus remodeling but did not interfere with fracture healing in the femoral fracture model of cynomolgus monkeys. *J Bone Miner Metab* 2009;27(3):295-302. [Crossref](#)
96. Cumming DC, Cumming CE. Estrogen therapy and female athletes: current issues. *Sports Med* 2001;31(15):1025-31.
97. Cobb KL, Bachrach LK, Sowers M, Nieves J, Greendale GA, Kent KK, Brown BW Jr, Pettit K, Harper DM, Kelsey JL. The effect of oral contraceptives on bone mass and stress fractures in female runners. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39(9):1464-73. [Crossref](#)
98. Cumming DC. Exercise-induced amenorrhea, low bone density, and estrogen replacement therapy. *Arch Intern Med* 1996;156(19):2193-5.