

Egzersize Bağlı Alt Bacak Ağrıları

EXERCISE-INDUCED LOWER LEG PAIN: MEDICAL EDUCATION

Dr. Tolga SAKA,^a Dr. Yavuz YILDIZ^b

^aSpor Hekimliği ABD, Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi, KAYSERİ

^bSpor Hekimliği ABD, GATA, ANKARA

Özet

Tekrarlayıcı stres sıklıkla egzersize bağlı alt bacak ağrıları (EBABA)'nda etiyolojik faktör olarak karşımıza çıkar. EBABA özellikle koşucularda ve düzenli egzersiz yapanlarda sık olarak görülen bir durumdur. Shin splint terimi alt bacak ağrısına yol açan pek çok tıbbi problemi tanımlamak için literatürde sıklıkla kullanılmıştır. Koşucularda görülen tüm spor yaralanmalarının %10-15'inden ve alt bacak ağrılarının %60'ından shin splint sorumludur. Shin splint tanımı sıklıkla medial tibial stres sendromu (MTSS), tibial stres kırıkları ve kompartman sendromunun yerine; onları da içine alacak şekilde kullanılmıştır. Derlemede, MTSS, tibial stres kırığı ve kompartman sendromu detaylı bir şekilde tanımlanmış ve aralarındaki farklar ve benzerlikler açık bir biçimde ortaya konmuştur. Günümüzde aktif toplumlarda ve sporcularda EBABA sık görülmektedir. Gerek profesyonel gerekse amatör olsun, egzersiz yapan birey sayısı arttıkça EBABA'nın görülme sıklığı artış göstermektedir. Spor hekimi uzmanı hastayı sistematik olarak değerlendirmeli ve ayırıcı tanıları açısından dikkatli olmalıdır. Bu nedenle hastaların detaylı anamnezleri alınmalı, fizik muayeneleri yapılmalı ve gerekli ise ileri tetkik istenip kesin tanı konulmalıdır. Tam olarak shin splint terimini kullanmaktan mümkün olduğunca kaçınmak gereklidir. Günümüzdeki bilgiler ışığında; içinde kompartman sendromu ve stres kırığı tanımlarını da içeren MTSS teriminin kullanılması en yakın seçenек olarak görünmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kompartman sendromu; stres kırığı; aşırı kullanım

Türkiye Klinikleri J Med Sci 2007, 27:753-762

Abstract

Repetitive stress is usually observed as an etiological factor of exercise-induced lower leg pain. Exercise-induced lower leg pain is a condition frequently encountered in runners and people who regularly exercise. The term shin splint has often been used to define many medical problems inducing lower leg pain. Shin splint accounts for 10-15% of all sports injuries and 60% of lower leg pain suffered by runners. This term usually includes medial tibial stress syndrome (MTSS), tibial stress fracture and compartment syndrome. In this review, MTSS, tibial stress fracture and compartment syndrome were defined in detail and their differences and similarities were explicitly discussed. Currently, exercise-induced lower leg pain is common in active populations and athletes. The incidence of exercise-induced lower leg pain rises, parallel to the increase in the number of both professional and amateur individuals who exercise. Sports medicine specialists are suggested to systematically assess the patient and to take care to make a differential diagnosis. This requires a detailed history, complete physical examination and advanced examination techniques when needed. Physicians should try to avoid the use of the term shin splint. In the light of contemporary knowledge, using the term MTSS to include compartment syndrome and stress fracture diagnoses seems to be the most appropriate choice.

Key Words: Compartment syndromes; fractures, cumulative trauma disorders

Tekrarlayıcı stres sıklıkla EBABA'da etiyolojik faktör olarak karşımıza çıkar. Özellikle koşucularda ve düzenli egzersiz yapanlarda sık olarak görülen bir durumdur. Shin splint terimi, alt bacak ağrısına yol açan pek çok

tıbbi problemi tanımlamak için literatürde sıklıkla kullanılmıştır. Koşucularda görülen tüm spor yaralanmalarının %10-15'inden ve alt bacak ağrılarının %60'ından shin splint sorumludur.¹ Ağrı kaynaklarına baktığımızda:

1. Periostal yapıda; özellikle tibialis posterior ve soleus kaslarının yapışma yerlerinde ve tibianın medial fasyasında inflamasyon,
2. Kemik yapıda; kemik gerilimi, kemik reaksiyonu ve stres kırıkları,
3. Kas yapıda; kompartman sendromu şeklinde oluşabildiğini görmekteyiz.

Geliş Tarihi/Received: 12.09.2006 **Kabul Tarihi/Accepted:** 10.12.2006

Yazışma Adresi/Correspondence: Dr. Tolga SAKA
Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Spor Hekimliği ABD, KAYSERİ
tolgasaka_md@yahoo.com

Copyright © 2007 by Türkiye Klinikleri

Tablo 1. Semptomların kaynaklandığı bölgeler ve karakteristik özellikleri.³

Bölge	Ağrı	Egzersiz ilişkisi	Birlikte bulunan özellikler	Hassasiyet	Araştırmalar
Kemik	Lokalize akut, keskin	Sabit veya artan bas-kıyla daha kötüleşir	Gece ağrısı, sabahları artabilir	Kemikle ilgili	X-Ray sintigrafi
Tenoperiosteum	Tibia medial sınırı	Isındıkça azalır	Sabah ve egzersiz sonrası kötü	Tibia medial sınırında kas yapışma yerinde	Sintigrafi
Kas kompartmanı	(+)	Egzersizle artar	Zaman zaman minimal kas basıncı hissi veya duyu kaybı	Sıklıkla minimal basınç hissi	Kompartman basınç testi

Anamnezde ağrının egzersizle olan ilişkisinin değerlendirilmesi tanı açısından oldukça önemlidir. Ağrı ısınmayla ve egzersizle azalıyorsa tenoperiosteal yaralanma; ağrı egzersizle birlikte artıyor, istirahatte ve gece yatarken devam ediyorsa stres kırığı düşünülmelidir. Ağrı egzersizle artıyor, ağrı bölgesinde kaslarda bir sertleşme oluyor, istirahatte hızlı bir şekilde azalıyor ve bacakta uyuşma, karıncalanma, cansızlık hissi oluyorsa kompartman sendromu lehine yorumlanmalıdır. Basit kas strainleri akut egzersize bağlı bacak ağrısının olasılıkla en sık nedenidir. Daha subakut ya da kronik ağrılarda MTSS, stres kırıkları ya da kompartman sendromu düşünülmelidir.² Hasta yaşı önemli bir faktördür. Semptomların kaynaklandığı bölgeler ve karakteristik özellikleri Tablo 1 ve Tablo 2’de sunulmuştur.^{3,4} Lomber diskopati ve radikülopatiler dermatomal yayılım alanlarında ağrı ile EBABA’yı taklit edebilir.

Geçmiş yıllarda, tibial ağrının kaynağı olarak pek çok klinik tablo tanımlanmıştır. Bunlar arasında; kronik kompartman sendromu, arter sıkışma sendromu (popliteal ve eksternal iliyak arter), sinir sıkışma sendromu (sural ve yüzeysel peroneal sinir), derin ven trombozu, gastroknemius kası parsiyel rüptürü (tenisci bacağı), fasyal herniasyon ve kas gerilmeleri sayılabilir. Akut egzersize bağlı tibial ağrının en sık nedeni olarak basit kas kramp-ları düşünülebilir. Ancak ağrı şikayeti olan sporculara tanı konma aşamasında bir karmaşa yaşanmaktadır. Bu konuda yapılan bilimsel çalışmalara ve kapsamlı etiyolojik araştırmalara karşın terminoloji konusundaki karmaşa ve karşıt görüşler halen sürmektedir. Bu karmaşanın nedeni egzersize bağlı

Tablo 2. Semptomların kaynaklandığı dokular ve ilgili patolojiler.⁴

Semptomların kaynaklandığı doku	Patoloji
Kemik	Tibial stres kırığı, fibular stres kırığı
Periosteum	Periostitis, medial tibial stres sendromu
Kas veya fasya	Egzersize bağlı kompartman sendromu, fasyal herni
Tendon	Aşıl, peroneal veya tibialis posterior tendinopati
Sinir	Sural veya yüzeysel peroneal sinir sıkışması
Vasküler	Popliteal arter sıkışması, aralıklı topallama (kladikasyo intermittans)
Uzak (yansıyan)	Spinal radikülopati

tibial ağrıya özgü bir patolojik mekanizmanın bulunamamış olmasıdır.

Bu durum için shin splint, posterior tibial stres sendromu, MTSS, soleus sendromu ve tibial periostitis terimleri kullanılmıştır. MTSS bu terimler arasında en uygun olanıdır. En az tanımlayıcı olan ve bu yüzden en çok kafa karıştıran terim olan shin splint, en problemlili haline gelmiştir. Bu terimin spesifik orijini bilinmese de sık kullanım sonucu medikal tanı haline gelen bir halk deyişi olduğu düşünülmektedir. 1966’da Amerikan Tıp Birliği (AMA) yayınında shin splint ‘bacağın sert yüzeylerde koşma ile bacağın veya ayak fleksörlerinin zorlayıcı, aşırı kullanımına bağlı gelişen ağrı veya rahatsızlığı’ şeklinde tanımlanmıştır.⁵ Tanı kırık veya iskemik bozukluğu dışarıda

birakacak şekilde, muskulotendinöz inflamasyonlarla sınırlandırılmalıdır. 1955'e kadar shin splint kronik kompartman sendromu ve stres kırığı kadar net bir tanımken, son zamanlarda hemen her sebepten kaynaklanan egzersize bağlı bacak ağrısını tarif eden non-spesifik bir terim olarak anılmaktadır. AMA tanımlaması herhangi bir lokalizasyon belirtmediği için bazı uzmanlar ağrı lokalizasyonunu distal medial tibiaya, bazıları medial veya proksimal anterolateral tibia bölgesine sınırlamışlardır.

MTSS

Görülme sıklığı %4.1 ile %13.2 arasında değişir.^{6,7} Koşma ve sıçrama aktivitelerinin sık olarak tekrarlandığı spor branşları EBABA'nın en sık nedenidir. MTSS olgularının %60'ında hatalı antrenman tekniklerinin risk faktörü olduğu bildirilmiştir.⁸ Michael ve Holder MTSS'yi herhangi bir nörovasküler anomali olmaksızın künt ve dinlenme ile azalan hafif bir ağrıdan, şiddeti orta, hatta ciddi bir ağrıya kadar değişen ağrı derecelerinde olabilen ve tibia posteromedial sınırı üzerinde hassasiyetin olduğu bir klinik tablo olarak tanımlamıştır.⁹ Detmer ise MTSS'nin periostit, derin posterior kompartman sendromu ve tibial stres kırığı olmak üzere 3 farklı klinik tablo olduğunu, bu 3 klinik tablonun bir arada görülebileceğini ancak tedavilerinin farklı olması gerektiğini bildirmiştir.¹⁰ 1982 yılında Mubarak MTSS terimini tibia posteromedial bölgesinin distal 2/3 kısmında aşırı kullanıma bağlı olarak oluşan ağrı ve inflamasyonunu tanımlamak için kullanmıştır.¹¹ Geçmişte ve halen de günümüzde bazı araştırmacıların MTSS'u yerine shin splint terimini kullandıkları görülmektedir. Ancak tıbbi terminolojide shin splint yerine MTSS kullanmak daha doğru olacaktır.

Tarihçe/Terminoloji

İlk olarak, 1958 yılında Devas tarafından tanımlanmıştır.¹² 1986 yılında Detmer kronik MTSS için 3 aşamalı bir tanı sistemi önermiştir.¹⁰ Buna göre; tibial kemiğin stres reaksiyonu ve/veya stres kırığı tip I MTSS, soleus kası fasyasının tibial periostuna yapıştığı alandaki periostiti tip II MTSS, derin posterior kompartmanın kronik kompartman sendromu ise tip III MTSS olarak değerlendirilmiştir. MTSS terimi, egzersize bağlı

tibial ağrının tanımlanmasında kullanılan en uygun terminoloji olmasa da, tibial ağrının lokalizasyonunu ve patofizyolojisi göz önüne alındığında şu an için kullanılan en uygun terimdir.

Etiyoloji

Holter ve Michael yaptıkları sintigrafik çalışmada geç fazda (faz III) posteromedial tibial yüzeyde düşük düzeyde difüz tutulumu göstermişlerdir.⁹ Beck ve Osternig 50 kadavra bacağı üzerinde yaptıkları bir çalışmada soleus, fleksör digitorum longus (FDL) ve tibialis posterior kaslarının yapışma yerlerini ve derin krural fasyayı incelemişlerdir. Önceki çalışmalara uygun olarak, soleus kasının ve derin krural fasyanın tibianın distal 2/3'üne yapıştığını, FDL kasının ise daha az oranda bu bölgeye yapıştığını gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak, ağrı kaynağının soleus kasının yapışma yeri olduğunu, ancak FDL kasının yapışma yerinin de göz ardı edilmemesi gerektiğini belirtmişlerdir.¹³ Michael ve Holder; soleus kasının medial kısmının, ayak supinasyondan pronasyona ilerledikçe, eksantrik olarak kasılması gerektiğini ileri sürmüşlerdir. Bu kasılma sırasında oluşan gerim kuvvetinin medial soleusun fasyaya yapışma yerinde stres artışına ve Sharpey liflerinin birbirinden ayrılmasına yol açtığını belirtmişlerdir. Günümüzde en çok kabul gören teori budur.⁹

Klinik gözlemler aşırı ayak pronasyonunun ve hiper mobil ayak bileğinin MTSS için bir risk faktörü olabileceğini belirlemiştir. 1983 yılında, Viitisalo ve Kvist MTSS hikayesi olan 35 sporcu ile sağlıklı 13 koşucunun hızlı sinematografi ile incelenmesi sonucunda, aşırı ayak pronasyonunun MTSS'li sporcularda daha yüksek oranda olduğunu belirtmişlerdir.¹⁴

Klinik Tablo

Sporcularda görülen en sık yakınma tibiyanın posteromedial yüzeyinin 1/3 orta veya 1/3 distal bölümünde künt ve kaba bir ağrıdır. Erken dönemde, egzersizle birlikte başlayan ve egzersize devam edilmesiyle kaybolan ağrı, egzersizin sonlarına doğru artmaya başlar. Erken dönemde ağrının tipik özelliği dinlenmeyle kademeli olarak kaybolmasıdır. Antrenmanlara devam edildiğinde, ağrı daha ciddi, keskin ve tedaviye dirençli hale gelir. Kronik

olgularda, tibial ağrı günlük yaşamsal aktivitelerde ve dinlenme dönemlerinde de görülebilir. Stres kırığı veya kronik kompartman sendromu olan sporcuların klinik görüntüsü birbirinden farklı olmakla birlikte klinik tabloların örtüşebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Sporcularda tibianın belirli bir bölgesinde antrenmanla ani olarak artan bir ağrı ya da hassasiyet olması stres kırığı lehine yorumlanmalıdır. Ağrı gün boyunca vardır, bazen gece de sürer. Kronik kompartman sendromu olan sporcularda, antrenman sırasında veya sonrasında etkilenen kompartman alanındaki kaslarda şişkinlik, gerginlik, hassasiyet ve ağrı gelişebilir. Antrenmanın sonlandırılmasıyla birlikte semptomlar 5-15 dk.lık zaman sürecinde kademeli olarak kaybolur. Ayrıca etkilenen kompartman içinde seyreden periferik sinirlerin baskı altında kalması sonucunda innervasyon alanındaki kaslarda karıncalanma, hiperestezi ve hipoestezi olabilir.

Fizik Muayene

MTSS'de tibianın posteromedial yüzeyi boyunca hassasiyet vardır (Tablo 3).¹⁵ Genelde bu hassasiyet tibia orta ve distal 1/3'ünü içine alır (medial malleolusun 12 cm proksimalinden 4 cm proksimaline kadar). Bu bölgede palpasyonla ödem ve ısı artışı, perküsyonla ise ağrı hissedilebilir, MTSS'de bazı manevralar ile ağrı ortaya çıkarılabilir: Ayak bileğinin aktif/pasif dorsifleksiyonu, aktif plantar fleksiyonu, tek ayak ya da çift ayakla parmak ucunda yükselme ya da sıçrama.⁷ Kronik kompartman sendromu olan sporcularda muayene bulguları sıklıkla normaldir ve semptomlar aktiviteyle ortaya çıkar. Ancak ileri olgularda istirahat halinde de semptomlar görülebilir.

MTSS'de Görüntüleme

MTSS'de konvansiyonel radyografi bulguları genellikle normaldir (Tablo 4).¹⁵ Düz radyografide, tibia üzerine binen tekrarlayıcı stres yüklerinin sonucunda posterior kortikal hipertrofi görülebilir. MTSS'de 3 fazlı lokal dinamik kemik sintigrafisinde 3. fazda tibianın posteromedial yüzeyi boyunca tutulum görülmesi tipiktir. MTSS tanısında manyetik rezonans görüntüleme (MRG) yönteminin kullanımı tartışmalıdır. Bu konuda Fredericson

Tablo 3. MTSS, stres kırığı ve kronik kompartman sendromundaki tipik fizik muayene bulguları.¹⁵

	Egzersize bağlı kompartman sendromu	MTSS	Stres kırığı
Palpasyonda hassasiyet	+/-	Difüz	Fokal
Isı artışı ve ödem	Negatif	Negatif	+/-
Perküsyonda ağrı	Negatif	Negatif	Pozitif
Uzak perküsyon ağrısı	Negatif	Negatif	Pozitif
Provokatif testler	Pozitif	Pozitif	Pozitif
Nörovasküler	+/-	Normal	Normal

MTSS: Medial tibial stres sendromu.

Tablo 4. MTSS, kompartman sendromu ve stres kırığındaki karakteristik laboratuvar bulguları.¹⁵

	MTSS	Stres kırığı	Kompartman sendromu
X-Ray	(-)	(+) ^a	(-)
Üç fazlı kemik sintigrafisi	(+) ^b	(+) ^c	(-)
MRG	Normal/(+)	(+)	(+) ^d
Kompartman basıncı	Normal	Normal	(+) ^e

MTSS: Medial tibial stres sendromu.

^aDüz radyografiler hasta semptomatik olduktan haftalar sonra pozitifleşir.

^bSadece sintigrafinin geç fazında difüz, düşük grade longitudinal tutulum.

^cSintigrafinin 3 fazında da fokal, fuziform tutulum

^dAmendola ve ark.²⁴

^eBazal kompartman içi basıncı değerlerine dönüşte gecikme Pedowitz ve ark.²⁶

yaptığı bir çalışmada, MRG yönteminin MTSS'nin stres kırığı ve stres reaksiyonundan ayrımında etkili bir yöntem olmadığını bildirmiştir.¹⁶

Tedavi

MTSS olan sporcularda tedavinin ilk aşaması istirahattir. Antrenmanda alt ekstremitenin tekrarlayıcı hareketlerinden (koşu-pentatlon) kaçınılmalıdır. MTSS'de stres kırığı gelişme riski olduğu için sporcu bu konuda uyarılmalıdır. Kardiyorespiratuar performansın devamı için sporculara kol ergometresi, yüzme ve bisiklet egzersizleri ile yumuşak zeminde ağrı oluşturmayacak düzeyde düz koşu önerilebilir. Su içinde yapılan koşu egzersizleri bu dönemde alt ekstremiten için yapılacak olan en uygun egzersizdir. Akut dönemde günde 2-4 kez 10-15 dk. süreyle buz uygulaması bir miktar fayda sağlayabilir. Fizik tedavi modalitelerinin

etkinliği tartışmalıdır. Yine de ultrason, fonoforez, alçak ve orta frekanslı akımlar denenebilir. MTSS tedavisinde aurikuloterapi ve intradermal enjeksiyon (mezoterapi) da uygulanabilir. Bazı olgularda etkili olduğu bildirilmiştir. Bayan sporcularda günlük kalsiyum alımı ve östrojen düzeyleri belirlenerek eksiklikler giderilmelidir. Steroid olmayan anti-inflamatuar ilaçlar (SOAİ) kullanılabilir. Ancak etkileri sınırlı olmaktadır. Topuk kordu esnetilmesi sıklıkla önerilmektedir. Esnetme sırasında soleus kasının daha iyi gerilebilmesi için diz hafif fleksiyonda olmalıdır. Ağrının kaybolması ile birlikte yumuşak bir zeminde uygun bir spor ayakkabıyla yürüyüş ve hafif koşulara başlanabilir. Sporculara yaralanma öncesindeki antrenman düzeylerinin %50'si oranında antrenmana başlamaları önerilir. Antrenman öncesinde ve sonrasında ısınma, germe ve esneme egzersizleri mutlaka yapılmalıdır. Antrenman yoğunluğu haftada %10 oranında artırılarak 4-6 hafta içerisinde yaralanma öncesi antrenman düzeyi hedeflenmelidir. Antrenman yoğunluğundaki hızlı artışlar MTSS'nin tekrar görülme riskini artırır. Saha içi aktif rehabilitasyon sürecinde semptomların tekrarlaması durumunda antrenman yoğunluğu azaltılmalı, yeterli olmadığı durumlarda başlangıç tedavisine dönülmelidir. Konservatif tedavinin etkili olmadığı olgularda yüzeysel ve derin fasyaları içeren tibial fasyotomi denenebilir. Yine, MTSS'de periost denervasyon yöntemi ile ağrı yakınmasında azalma sağlanabildiği de ileri sürülmektedir. Periost denervasyonu sonrasında, Detmer 6 aylık takip sonunda %90'lık, Holen ise 16 aylık takip sonucunda %78'lik bir başarı oranı bildirmiştir.^{10,17} MTSS'nin tekrarlama riskinin azaltılması için, sporcular ve antrenörlerin bilgilendirilmesi gereklidir. Koşu tekniği ve biyomekanik sorunların düzeltilmesi, izokinetik ve izotonik olarak triseps surae kas grubunun kuvvet ve dayanıklılığının geliştirilmesi ve esnekliğinin sağlanması, yaklaşık 500-700 km koşulduktan sonra koşu ayakkabısının değiştirilmesi ve kademeli bir antrenman programının uygulanması en etkili yöntemlerdir.

Tibial Stres Kırıkları

Kemik yapı, fizyolojik sınırların üzerindeki tekrarlayıcı stresler karşısında kemik yapım-yıkım

siklusunu artırır. Tekrarlayıcı stres yükleri, kemik yapının tamir edebilme kapasitesini aştığında stres kırığı meydana gelir. Tibial stres kırıkları, spor yaralanmalarının %10 ile %20'sini oluşturur. Antrenman yoğunluğunun hızlı bir şekilde arttığı, uygun olmayan spor ayakkabılarının giyildiği ve sert zeminde antrenman yapıldığı durumlarda görülme sıklığı artmaktadır. Yine, düşük vücut ağırlığı (idealini %75'inden az), yetersiz beslenme, alt ekstremitenin biyomekanik sorunları ve beyaz ırk riski arttırmaktadır. Kadınlarda daha sık görülmektedir.

Anamnez

Erken evrede egzersizle birlikte tibiada hafif bir ağrıya başlar. Egzersize devam edildiğinde ağrı artma olur ve egzersiz sonrası dönemde azalır. İleri evrelerde ise günlük yaşamsal aktivitelerde ve dinlenme döneminde dahi ağrı olabilir. Bazı sporcularda gece ağrısı kırık bölgesinin olduğu alanda hissedilir. Stres kırığında predispozan faktörlerin belirlenmesi tekrarlama riskinin önlenmesinde oldukça önemlidir. Bu anlamda, antrenman yoğunluğu, süresi ve sıklığı, antrenman yapılan zeminin özelliği, sporcu giyecekleri (özellikle ayakkabılar) ve antrenman tekniği not edilmelidir. Sporcuların beslenme programları gözden geçirilmeli, bayan sporcuların menarş yaşı ve menstrual siklusu sorgulanmalıdır. Sporunun sigara içip içmediği, ilaç kullanıp kullanmadığı ve herhangi bir maddeye karşı bağımlı olup olmadığı sorulmalıdır.

Fizik Muayene

Stres kırığında egzersiz ile birlikte tibianın posteromedial bölümünün 1/3 alt kısmında lokalize ağrı ve hassasiyet hissedilir. Ağrı ve hassasiyet istirahatte tamamen geçmeyebilir. Zaman zaman, stres kırığı alanında kızarma ve şişlik olabilir. Özellikle kronik olgularda palpasyonla periostal kalınlaşma hissedilebilir. Kırık hattından uzak bir alanın perküsyonu ve tek ayak üzerinde sıçrama sonucunda ağrı oluşabilir. Eklem hareket açıklığı ise genelde normaldir.

Bazı araştırmacılar, tedavisel US ile tibia üzerinde ağrı ve hassasiyet olduğunu belirlemişler ve bu durumun tibial stres kırığı tarama testi olarak

kullanılabileceğini ileri sürmüşlerdir.¹⁸ Ancak, Boam stres kırığı tarama testi olarak tedavisel US ile kemik sintigrafisini karşılaştırarak tedavisel US duyarlılığının %43 olduğunu ve yüksek bir yanlış pozitiflik oranının bulunduğunu göstermiştir.¹⁹

Görüntüleme

Pek çok olguda stres kırığının tanısı klinik muayene ile konabilir. Anamnezde egzersizle ilişkili kemik ağrısı ve palpasyonla tibia üzerindeki lokal hassasiyet bulgusu stres kırığı ile yüksek oranda uyumludur. Şüpheli olgularda görüntüleme yöntemlerinden de yararlanılabilir. Düz grafiler genellikle normaldir ancak bazı olgularda stres kırığını düşündürebilecek periostal yeni kemik formasyonu, kortikal kalınlaşma, endosteal ve periosteal yüzeylerde kalınlaşma ve periosteal reaksiyon olabilir. Düz radyograflerin stres kırığı tanısında duyarlılığı düşük olmasına rağmen özgüllüğü yüksektir. Semptomların başlamasına rağmen stres kırığının düz grafide 2-4 hafta içinde belirti vermemesi ve tanıda düz grafinin duyarlılığın da düşük olması nedeniyle erken dönemde tanı koymak oldukça zor olabilir. Bu yüzden klinik muayene ve düz grafiyle tanısı konulamayan ve bir başka spor yaralanmasının düşünüldüğü durumlarda 3 fazlı lokal dinamik kemik sintigrafisi yapılması gerekir. Ancak 3 fazlı kemik sintigrafisinin duyarlılığı yüksek olmasına rağmen özgüllüğü düşüktür. Stres kırığı tanısında bir başka görüntüleme yöntemi MRG'dir. MRG, stres kırığı tanısında kemik sintigrafisine göre daha duyarlı ve daha özgündür ve stres kırığıyla karışabilecek tümöral yapıların ayırımında da daha etkilidir.²⁰ Ancak pahalı bir yöntemdir.

Tedavi

Stres kırığı tedavisinde ilk basamak aktivite sınırlandırılması ve istirahat olmalıdır.²¹ Uyumlu olmayan ve verilen önerileri dinlemeyen sporcularda tedavinin etkinliği için alçılama gerekebilir. SOAI kullanımı, soğuk uygulanması ve yüzeysel masajla ağrı kontrol altına alınmaya çalışılır. Bu dönemde aerobik performansın devamına yönelik olarak kol ergometresi, bisiklet, yüzme ve suda koşma egzersizleri yapılabilir. Ağrı ve lokal duyarlılık kaybolduğunda alt ekstremiteye yönelik den-

ge, koordinasyon, proprioseptif, izotonik ve izokinetik egzersizler başlanır. Bu dönemde yumuşak zeminde koşma egzersizleri yapılabilir. Altı hafta sonra yapılan testlerle fonksiyonel ve nöromusküler kayıplar belirlenir. Bu kayıpları gidermeye yönelik saha içi aktif rehabilitasyon programına başlanır. Stres kırığında spora dönme kademeli bir şekilde yapılmalıdır. Tedavi tamamlanmadan spora dönülürse tekrarlama riski yüksektir. Özellikle tibianın anteriorundaki stres kırıkları gecikmiş kaynama, kaynamama ve kronikleşme eğilimindedirler. Brahms profesyonel bir futbolcu da stres kırığının 3 yıl sonra travmatik kırığa ilerlemiş olduğunu göstermiştir.²² Green kassal stresin daha yoğun olduğu tibianın posterior yüzeyindeki stres kırıklarının, travmatik kırığa dönüşme riskinin daha yüksek olduğunu ve 4-6 ay içinde konservatif tedaviden sonuç alınmazsa iliyak kemik grefti düşünülmesi gerektiğini belirtmiştir.²³

Kompartman Sendromu

Tibial bölgede, ön, dış, yüzeyel ve derin arka olmak üzere 4 adet kompartman bulunur. Ön kompartmanda; tibialis anterior, ekstansör hallusis longus, ekstansör digitorum longus kasları ile anterior tibial arter-ven ve anterior tibial sinir (derin peroneal sinir), dış kompartmanda; peroneus longus, brevis kasları ile peroneal arter-ven ve yüzeyel peroneal sinir, derin arka kompartmanda; tibialis posterior, FDL, fleksör hallusis longus kasları ile posterior tibial arter-ven ve posterior tibial sinir, yüzeyel arka kompartmanda; soleus ve gastrocnemius kasları bulunur.

Sporcularda sıklıkla ön kompartman sendromu görülür. Bunu sırasıyla; dış kompartman, yüzeyel ve derin arka kompartman sendromu izler.

Kesin olmamakla birlikte egzersize bağlı kompartman sendromunu Dr. Edward Wilson'un 1912 yılında Güney Kutbunda bulunduğu dönemde tanımladığı belirtilmektedir. Kompartman sendromuna özgü klinik tabloyu tanımlamak için kronik kompartman sendromu, tekrarlayan kompartman iskemisi ve anterolateral kompartman sendromu gibi tanımlamalar kullanılmış olsa da semptomların egzersizle ortaya çıkması ve istirahat dönemin-

de kaybolması göz önüne alındığında kompartman sendromu teriminin kullanılması uygun olacaktır. kompartman sendromunda patofizyolojik süreç tam olarak tanımlanamamış, kompartman basıncındaki artışın gösterilmesine rağmen kan akımındaki azalma gösterilememiştir. Kan akımının, MRG, MRG-spektroskopi ve nükleer tıp teknikleri ile incelendiği bilimsel çalışmalarda ise tatmin edici bilgi toplanamamıştır.²⁴ Kas biyopsisi, ağrı oluşumunda kas iskemisinin etkili olduğunu kanıtlayamamıştır. Embree; kompartman basınçları yüksek kişilere fasyotomi uyguladıktan sonra fosfofruktaz enziminde azalma olduğunu göstermiştir.²⁵ Bilindiği gibi, fosfofruktaz enzimi, iskemik ortamda hücrel enerjiyi karşılayan anaerobik metabolizmada görevli bir enzimdir. Bu anlamda, cerrahi öncesinde yüksek olması kasta bir iskemik sürecin olduğunu gösterebilir. Ağrı, kas kapiller yatağındaki yetersiz oksijen ve besin transferi sonucu oluşan iskemiye bağlı olarak oluşabilir. Ağrı künt, keskin ve zonklayıcı tarzda olabilir.²⁶

Patofizyoloji

Egzersiz sırasında tekrarlayan kas kontraksiyonları kas hacminde ortalama %20'lik bir artışa neden olur. Fasyadaki kalınlaşma, elastisitesinin azalması, artan hacimle birlikte genişlemesini engeller ve kompartman basıncını arttırarak iskemiye sebep olur. Kas hipertrofisi, post-travmatik yumuşak doku inflamasyonu, venöz ve lenfatik dolaşım bozuklukları patofizyolojik mekanizmada rolü olduğu düşünülen diğer etkenlerdir.

Kompartman basıncındaki artış kapiller spazma yol açarak mikro kan dolaşımını engeller ve sonuçta doku iskemisi meydana gelir. Doku iskemisi, arter veya ven kollapsına yol açabilir. En son yayınlar venöz sistemdeki kan akımının engellenmesinin bu basınç artışından sorumlu olduğunu ortaya koymuştur.^{27,28}

Çeşitli yazarlar egzersiz sırasında oluşan kompartman sendromunu, bağ dokusunun sınırlayıcı etkisine, kas hipertrofisine, doku ödeme bağlamışlardır. Balduini; kompartman sendromu gelişimde iskemisinin etkili olmadığını ve dolayısıyla ağrının iskemiye bağlı olamayacağını bildirmiştir.²⁹ Ağrı nedeni olarak kompartman basıncındaki

artışın fasya ve periosteumdaki duyuşal reseptörleri uyarmasına veya kan akımındaki azalmanın biyokimyasal mediyatör salınımını arttırmasına bağlanmaktadır.

Klinik

Sporcular egzersizle birlikte alt bacakta ortaya çıkan kramp, yanma, ağrı veya gerilim hissinden şikayet ederler. Ağrıya rağmen egzersize devam edilirse, kramp, şişme, kas gerginliği ve parestezi olabilir. Fizik muayene normaldir. Sporcular istirahat döneminde iken semptomlar yoktur ancak egzersizle birlikte ortaya çıkar. Genelde bilateral olma eğilimindedir. Uzun süreli maksimal yoğunlukta koşu, basketbol ve futbol sporlarını yapan 30 yaş altındaki gençlerde daha sık görülmektedir. Semptomları önlemede anti-inflamatuvar ilaçlar etkisizdir. Semptomlar arasında, şiddetli ağrı, ilgili kompartmandaki kasların pasif gerilmesi ile ağrının artması, dokunmayla hassasiyet, vibrasyon duyuşunda azalma, hipoestezi, motor kayıp sayılabilir. Kompartman sendromunda ilk gözlenen nörolojik bulgu vibrasyon duyuşunun azalmasıdır. Motor kayıp; iskemik sürecin ilerlediğini ve kalıcı hasarı önlemek için acil cerrahi fasyotomi yapılması gerektiğini gösterir. Kompartman basıncı 50 mmHg olduğunda doku perfüzyonunun tamamen durmasına karşın sistolik basınç kompartman basıncından çok daha yüksek olduğu için arteriyel nabızlar normal alınabilir. Normal kompartman içi basıncı 0-10 mmHg arasındadır. Fasyotomi için önerilen değer 30-45 mmHg arasında değişmektedir. Kompartman sendromunda; sistemik kan basıncı değeri, doku perfüzyonunun sağlanması ve doku iskemisinin önlenmesinde önemli bir faktördür. Bu nedenle, kompartman basıncının ortalama arteriyel kan basıncı ile birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir. Ortalama arteriyel basınçtan kompartman basıncının çıkartılması ile elde edilen "kompartman perfüzyon basıncı" doku perfüzyonunda asıl etkili olan basınçtır. Örneğin, normal kas 30 mmHg, orta derecede hasar görmüş kas ise 40 mmHg kompartman perfüzyon basıncı ile normal hücrel metabolizmasını devam ettirir.

Anterior ve lateral kompartmandaki ağrı sıklıkla tibianın anterolateral kısmındadır ve bileğin önyüzüne ve/veya ayak sırtına yayılabilir. Yüzeyel

posterior kompartman ağrısı sıklıkla üst/orta baldıra ve zaman zaman ayak bileğine vurur. Derin posterior kompartman ağrısı tipik olarak tibia medialinde ve/veya baldırın arka alt kısmında yer alır ve ayak iç arkına yayılabilir. Ağrının tipik özelliği egzersizle birlikte başlaması, egzersiz yoğunluğu ve süresi artıkça şiddetinin artmasıdır. Sportif aktivite sonrasında, ağrı dakikalar içinde hızlı bir şekilde azalır (Tablo 5).³⁰ Bazı sporcularda kompartman sendromunun derecesine bağlı olarak ağrı gece boyunca ve hatta ertesi gün de sürebilir. Buna “ertesi gün fenomeni” denir. Retrospektif analizlerde, sporcuların egzersiz sonrası dönemde istirahat sürelerini uzun tutmalarına karşın bir sonraki egzersizde oluşan ağrıyı azaltmada etkili olmadığı gösterilmiştir.³¹

Egzersize bağlı alt bacak ağrısı, kompartman sendromunun yanı sıra, tibial periostite veya stres kırığına da bağlı olabilir. Bu durumda 3 klinik tablonun örtüşmesinden bahsedilir.

Ayırıcı Tanı

Ayırıcı tanıda tibial periostit ve stres kırığı ilk olarak düşünülmelidir. Yine, tenosinovitis, vasküler ve sinirsel sıkışma sendromları, eski künt travmalar, santral venöz sistem bozuklukları, primer kas hastalıkları, enfeksiyon ve kemik tümörleri göz önünde bulundurulmalıdır. Derin ven trombozu ve sellülit alt ekstremitede ağrılı şişlikle seyreder ve

nadiren kompartman sendromuna eşlik edebilir. Parestezi ve paralizisi, akut kompartman sendromu, nöropraksi ve arteriyel tıkanmalarda görülebilen ortak bulgulardır.

Muayene

İlk adım ayrıntılı bir anamnez alınması olmalıdır. Sporcular, istirahat ile şikayetlerin kaybolduğunu, egzersiz ile birlikte tekrar başladığını söylerler. Egzersiz sonrası dönemde alt bacakta kramp, ağrı, parestezi ve kaslarda gerginlik olup olmadığı sorulmalıdır. Fizik muayenede, kompartman bölgesinde hafif bir hassasiyet, sertlik ve %20-60 oranında fasyal defekt saptanabilir. Bütün sporcular egzersiz sonrası dönemde mutlaka muayene edilmelidir. Hastaların %61’inde semptomlar çift taraflıdır. Kompartman fasyasının tibiaya yapışma yerinde “traksiyon periostiti” gelişebilir. Düz radyografide bu bulgu aranmalıdır. Nörolojik muayene mutlaka yapılmalı, nörolojik bir defisit olup olmadığı belirlenmelidir (Tablo 6).

Anterolateral kompartmanda, kompartman içi basıncındaki artış sonucu yüzeysel peroneal sinirin derin fasyayı deldiği yerde fitikleşme olduğu bu fitikleşmanın cerrahi olarak kapatılmasının akut kompartman sendromuna yol açabileceği bildirilmiştir.⁸ İleri derecede kompartman sendromunda, periferik nabazanların alınamaması ve kapiler dönüşte azalma olabilir. Balduini; 160 mmHg üzerin-

Tablo 5. Kompartman sendromu, periostitis ve tibial stres kırığında egzersizle ağrının ilişkisi.³⁰

	Egzersiz başlangıcında ağrı	Egzersiz sırasında ağrı	Egzersiz sonrası ağrı	Dinlenme döneminde ağrı
Kompartman sendromu	(-)	(+++)	(+)/(+)	(-)
Periostitis	(+++)	(+)/(+)	(+)/(+)	(+)
Tibial stres kırığı	(+++)	(+++)	(++)	(+)

Tablo 6. Alt bacağı innerve eden sinirlerin fonksiyon bozukluklarındaki semptomlar.

	Motor	Duyu	Kompartman
Derin peroneal sinir	Dorsifleksiyonda güçsüzlük	Ayak sırtı	Anterior, lateral
Yüzeysel peroneal sinir	Eversiyonda güçsüzlük	Alt bacak anterolaterali ve ayak sırtı	Lateral
Tibial sinir	Plantarflexiyon ve intrinsek ayak kaslarında güçsüzlük	Ayağın plantar bölgesi	Derin posterior

deki kompartman içi basınçlarda arteriyel yetersizlik olduğunu göstermiştir.²⁹

Tetkik ve Araştırmalar

Pek çok olguda kompartman sendromu tanısı atlanabilir. Arteriyografi, doppler US ve bilek basınçları vasküler patolojiyi, kas biyopsisi primer kas hastalıklarını, sinir ileti çalışmaları ise periferik sinir sıkışmalarını ortaya koymaya yardımcı olacaktır. Son zamanlarda kompartman sendromu fizyopatolojisini bulmak için MRG-spektroskopi kullanılmıştır. MRG'nin kronik kompartman sendromu araştırmasında faydalı olduğu söylenece de çoğu uzmana göre MRG'nin kronik kompartman sendromu tanısındaki rolü tartışmalıdır.²⁴

Kronik kompartman sendromu tanısında en iyi yöntem kompartman içi basınç ölçümüdür. Semptomsuz dönemde basınç normal olabilir. Bu yüzden egzersiz sonrası dönemde basıncın ölçülmesi daha doğru bir yoldur. Kompartman basınç ölçümünde wick, slit, sabit infüzyon ve STIC kateterleri kullanılarak hassas ve güvenilir ölçümler yapılabilir. Ancak uygulayan doktorun bilgi ve deneyimi doğru tanı koymak için oldukça önemlidir. Körlemesine kateter uygulaması yapıldığında posterior kompartmanda sorunlar ortaya çıkabilir. Bunu önlemek için US eşliğinde kateter uygulanması gerekir.

Sağlıklı kişilerde normal kompartman basınç ölçüm değerleri, doktorun deneyimine, kateter tipine, verilen sıvının hacmine, bilek/bacağın pozisyonuna, egzersizin tipine ve ölçüm süresine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Yine, anterior kompartman basınç değeri, egzersiz sonrası 1. ve 10. dk.da lateral ve posterior kompartman basınç değerinden yüksek olma eğilimindedir. 1990 yılında Pedowitz, kronik kompartman sendromu tanısı için gerekli olan kriterleri tanımlamıştır. Buna göre; egzersiz öncesi dönemde kompartman basıncı 15 mmHg üzerinde ve/veya egzersiz sonrası 1.dk.daki kompartman basıncı 30 mmHg üzerinde ve/veya egzersiz sonrası 5. dk.daki kompartman basıncı 20 mmHg üzerinde ise tanı konur.²⁶

Tedavi

Kronik kompartman sendromu tedavisinde cerrahi tedavi yöntemlerinin (fasyotomi-fasyektomi)

mi) sık olarak uygulanmış olmasına karşın, egzersiz, fizyoterapi, podiatri ve masaj gibi konservatif tedavi yöntemlerine ise ilgi gösterilmemiştir. Son dönemde, anterior ve posterior kompartman sendromunun masajla tedavisinde yüksek başarı elde edildiği bildirilmiştir. Hutchison ve Ireland konservatif tedaviye yanıtın iyi olduğunu savunmuşlardır.²⁸ Konservatif yöntemleri tartışan pek çok görüşün yalnızca anekdotal bilgiye dayandığı görülmekte ve kesin kanıya varmak için daha bilimsel detaya ihtiyaç duyulmaktadır. Tedavide, anti-inflamatuar ilaçlar, fizik tedavi ve ortezlerin genelde etkili olmadığı, en etkili tedavi yönteminin cerrahi tedavi olduğu belirtilmektedir.

Kronik kompartman sendromunun cerrahi tedavisi kompartman içi basıncını düşürme esasına dayanır. Bazı uzmanlar önceki fasyotominin başarısız olması halinde fasyektomi yapılması gerektiğini ileri sürmektedir. Fibulektominin alt bacağın tüm kompartmanlarını serbestleştirecek bir yöntem olduğu söylenece de pek çok uzmana göre bu radikal ve gereksiz bir tekniktir.

Pek çok araştırmacı yapışıklıkların ve skar dokusunun önlenmesi için erken mobilizasyonu önermektedir. Bazı araştırmacılar ise cerrahi sonrasında hemen yürüme egzersizlerine başlanması gerektiğini savunmaktadır. Dekompresyon cerrahisi sonrasında 2-3 gün süre ile kompresyon giysisi giyilir ve 3-5 gün süre ile koltuk değnekleri kullanılır. Bu dönemde, diz eklemi ve ayak bileği eklemine yönelik eklem hareket açıklığı egzersizleri, 4 yönlü düz bacak ve izometrik egzersizleri yapılır. Beşinci günden itibaren yardımsız yürüme ve kısa ark egzersizleri eklenir. Yara iyileşmesi tamamlandıktan sonra bisiklet ve yüzme egzersizleri ile yumuşak zeminde şok emici özelliği olan spor ayakkabısı ile koşu önerilir. Alt ekstremiteye yönelik izokinetik-izotonik kas kuvvet ve dayanıklılık çalışmaları, proprioseptif, denge ve koordinasyon egzersizleri rehabilitasyon sürecine eklenir. Sportif aktiviteye dönüş süresi 6-12 hafta arasında değişir.

Dekompresyon cerrahisi ile çoğu olguda başarılı sonuçlar alınır. Özellikle, anterior kompartman dekompresyon cerrahisi sonrasında iyileşme oranı daha yüksektir. Yine de gereksiz cerrahi önlemek için cerrahi öncesi doğru bir tanı koymak çok

önemlidir. Detmer ve Wiley'in çalışmalarında, dekompresyon cerrahisi sonrasında komplikasyon oranları %11 ile %13 oranında bildirilmiştir.^{32,33} Bildirilen komplikasyonlar arasında, cerrahi yöntem hataları, yara kapanmaması, ağrının tekrarlanması ve anestezi sorunları sayılabilir. Genellikle kompartman sendromu başarısız cerrahi girişimler sonrasında tekrarlama eğilimindedir.

Sonuç

Günümüzde aktif toplumlarda ve sporcularda EBABA sık görülmektedir. Gerek profesyonel gerekse amatör olsun, egzersiz yapan birey sayısı arttıkça EBABA'nın görülme sıklığı artış göstermektedir. Spor hekimliği uzmanı hastayı sistematik olarak değerlendirmeli ve ayırıcı tanıda alt bacak ağrısının diğer sebeplerini de (akut kompartman sendromu, fasyal herni, periferik nöropati ve periferik vasküler hastalık) göz önünde bulundurmalıdır. Bu nedenle hastaların detaylı anam-nezleri alınmalı, fizik muayeneleri yapılmalı ve gerekli ise ileri tetkik istenip kesin tanı konulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Bates P. Shin splints--a literature review. *Br J Sports Med* 1985;19:132-7.
- Clanton TO, Solcher BW. Chronic leg pain in the athlete. *Clin Sports Med* 1994;13:743-59.
- Brukner P. Exercise-related lower leg pain: An overview. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(3 Suppl):S1-3.
- Korkola M, Amendola A. Exercise-induced leg pain-sifting through a broad differential. *The Phys Sportmedicine* 2001;29:35-50.
- Slocum DB. The shin splint syndrome. Medical aspects and differential diagnosis. *Am J Surg* 1967;114:875-81.
- Andrish JT, Bergfeld JA, Walheim J. A prospective study on the management of shin splints. *J Bone Joint Surg Am* 1974;56:1697-700.
- Clement DB. Tibial stress syndrome in athletes. *J Sports Med* 1974;2:81-5.
- Jones DC, James SL. Overuse injuries of the lower extremity: Shin splints, iliotibial band friction syndrome, and exertional compartment syndromes. *Clin Sports Med* 1987;6:273-90.
- Michael RH, Holder LE. The soleus syndrome. A cause of medial tibial stress (shin splints). *Am J Sports Med* 1985;13:87-94.
- Detmer DE. Chronic shin splints. Classification and management of medial tibial stress syndrome. *Sports Med* 1986;3:436-46.
- Mubarak SJ, Gould RN, Lee YF, Schmidt DA, Hargens AR. The medial tibial stress syndrome. A cause of shin splints. *Am J Sports Med* 1982;10:201-5.
- Devas MB. Stress fractures of the tibia in athletes or shin soreness. *J Bone Joint Surg Br* 1958;40-B:227-39.
- Beck BR, Osternig LR. Medial tibial stress syndrome. The location of muscles in the leg in relation to symptoms. *J Bone Joint Surg Am* 1994;76:1057-61.
- Viitasalo JT, Kvist M. Some biomechanical aspects of the foot and ankle in athletes with and without shin splints. *Am J Sports Med* 1983;11:125-30.
- Kortebein PM, Kaufman KR, Basford JR, Stuart MJ. Medial tibial stress syndrome. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(3 Suppl):S27-33.
- Fredericson M, Bergman AG, Hoffman KL, Dillingham MS. Tibial stress reaction in runners. Correlation of clinical symptoms and scintigraphy with a new magnetic resonance imaging grading system. *Am J Sports Med* 1995;23:472-81.
- Holen KJ, Engebretsen L, Grøntvedt T, Rossvoll I, Hammer S, Stoltz V. Surgical treatment of medial tibial stress syndrome (shin splint) by fasciotomy of the superficial posterior compartment of the leg. *Scand J Med Sci Sports* 1995;5:40-3.
- Moss A, Mowat AG. Ultrasonic assessment of stress fractures. *Br Med J (Clin Res Ed)* 1983;286:1479-80.
- Boam WD, Miser WF, Yuill SC, Delaplain CB, Gayle EL, MacDonald DC. Comparison of ultrasound examination with bone scintiscan in the diagnosis of stress fractures. *J Am Board Fam Pract* 1996;9:414-7.
- Prather JL, Nusynowitz ML, Snowdy HA, Hughes AD, McCartney WH, Bagg RJ. Scintigraphic findings in stress fractures. *J Bone Joint Surg Am* 1977;59:869-74.
- 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;15:46-58.
- Brahms MA, Fumich RM, Ippolito VD. Atypical stress fracture of the tibia in a professional athlete. *Am J Sports Med* 1980;8:131-2.
- Green NE, Rogers RA, Lipscomb AB. Nonunions of stress fractures of the tibia. *Am J Sports Med* 1985;13:171-6.
- Amendola A, Rorabeck CH, Velleit D, Vezina W, Rutt B, Nott L. The use of magnetic resonance imaging in exertional compartment syndromes. *Am J Sports Med* 1990;18:29-34.
- Embree MJ. Chronic compartment syndrome: An analysis at the cellular level, thesis. London, Ontario, Faculty of Graduate Studies, The University of Western Ontario, 1996.
- Pedowitz RA, Hargens AR, Mubarak SJ, Gershuni DH. Modified criteria for the objective diagnosis of chronic compartment syndrome of the leg. *Am J Sports Med* 1990;18:35-40.
- Black KP, Schultz TK, Cheung NL. Compartment syndromes in athletes. *Clin Sports Med* 1990;9:471-87.
- Hutchinson MR, Ireland ML. Common compartment syndromes in athletes. Treatment and rehabilitation. *Sports Med* 1994;17:200-8.
- Balduini FC, Shenton DW, O'Connor KH, Heppenstall RB. Chronic exertional compartment syndrome: Correlation of compartment pressure and muscle ischemia utilizing 31P-NMR spectroscopy. *Clin Sports Med* 1993;12:151-65.
- Blackman PG. A review of chronic exertional compartment syndrome in the lower leg. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(3 Suppl):S4-10.
- Blackman P, Bradshaw C, Crossley K. Chronic exertional compartment syndrome in the lower leg: A comparison of treatment options and outcomes. In: 1994 International Conference of Science and Medicine in Sport. Brisbane, Australia: Sport Medicine Australia 1994. p.56-7.
- Detmer DE, Sharpe K, Sufit RL, Girdley FM. Chronic compartment syndrome: Diagnosis, management, and outcomes. *Am J Sports Med* 1985;13:162-70.
- Wiley JP, Doyle DL, Taunton JE. A primary care perspective of chronic compartment syndrome of the leg. *Physician Sportsmed* 1987; 15:111-20.