



Nuclear Medicine Approach to Stress Fracture

Stres Fraktürüne Nükleer Tıp Yaklaşımı

Ebru Salmanoğlu¹, Özhan Pazarıcı²

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, Turkey

²Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Sivas, Turkey

ABSTRACT

Stress fracture is a common sports injury. It is result of recurrent strain to normal bone, generally. The diagnosis of stress fracture is important in terms of patient management. Three phase bone scintigraphy is a very sensitive method in the diagnosis of the stress fracture. Bone SPECT, SPECT/CT, PET/CT, PET/MR imaging modalities are other radionuclide imaging techniques which are helpful in the diagnosis of stress fracture. We aimed to describe the approach of the nuclear medicine in the diagnosis of stress fracture in this article.

ÖZ

Stres fraktürü, sık görülen bir spor yaralanmasıdır. Genellikle normal kemiğe tekrarlayan zorlamalar sonucu ortaya çıkmaktadır. Stres fraktürünün tanısını koymak hasta yönetimi açısından önemlidir. Üç fazlı kemik sintigrafisi stres fraktürü tanısını koymada çok duyarlı bir yöntemdir. Kemik SPECT, SPECT/BT, PET/BT, PET/MR görüntüleme yöntemleri stres fraktürü tanısını koymada yardımcı diğer radyonüklid görüntüleme yöntemleridir. Biz bu yazıda stres fraktürü tanısında nükleer tıp yaklaşımını anlatmayı amaçladık.

Anahtar kelimeler: Stres fraktürü, üç fazlı kemik sintigrafisi, radyonüklid görüntüleme.

Giriş

Başta Ortopedi ve Travmatoloji hekimleri olmak üzere klinisyenlerin sık karşılaştığı kas-iskelet sistemi patolojilerinden birisi stres fraktürüdür. Stres fraktürü, tekrarlayan mikrotravma



sonucu oluşur. Travma devam ettiği sürece fraktüre kadar ilerleyebilmektedir. Bu nedenle stres fraktürünün erken dönemde tanısını koymak önemli bir sorun teşkil etmektedir. Tanıda görüntüleme yöntemi olarak ilk direkt grafiye başvurulmaktadır. Ancak yapılan çalışmalarda direkt grafinin erken dönemde duyarlılığının düşük olduğu gösterilmiştir. Stres fraktürünün erken dönemde tanısını koymada nükleer tıp görüntüleme yöntemi olan üç fazlı kemik sintigrafisinin duyarlılığının yüksek olduğu bildirilmiştir¹⁻⁴.

Bu gözden geçirme yazısında stres fraktürünün erken dönemde tanısını koymada duyarlı ve ve sık kullanılan bir yöntem olan üç fazlı kemik sintigrafisinin temel prensipleri anlatılacaktır. Yazının daha sonraki bölümlerinde stres fraktürü tanısında kullanılan diğer radyonüklid görüntüleme yöntemleri ele alınacaktır. Stres fraktürüne nükleer tıp yaklaşımının anlaşılması bakımından literatüre katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.

Stres fraktürü

Stres fraktürü sık görülen bir spor yaralanmasıdır. Genellikle atletlerde ve sportif aktivite ile uğraşanlarda görülür. Tekrarlayan aktivitelerin normal kemikte yaptığı mikrohasarlanma sonucunda ortaya çıkar. İskelet sisteminde en sık alt ekstremitede; tibia ve metatarsal kemiklerde görülür⁵⁻⁷. Sporcularda en sık tibiada, acemi erlerde ise en sık metatarsal kemiklerde görülmektedir. Metatarsal stres fraktürü, fiziksel aktivite sırasında yükün en fazla bindiği 2. ve 3. metatarsal kemiklerde görülmektedir⁸⁻⁹.

Tanıda Kullanılan Nükleer Tıp görüntüleme yöntemleri

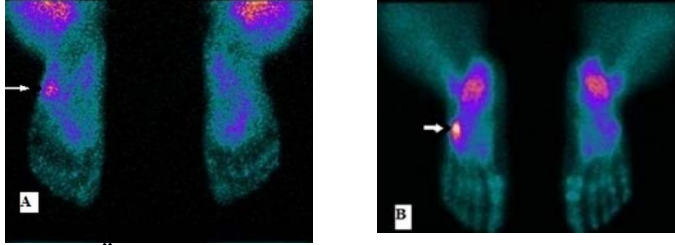
1. Üç fazlı kemik sintigrafisi

Üç fazlı kemik sintigrafisi (ÜFKS), kemik ve yumuşak doku enfeksiyonlarının değerlendirilmesi, ortopedik protezlerin enfeksiyon-gevşeme ayırıcı tanısı, stres fraktürü tanısı gibi endikasyonlar olmak üzere kas-iskelet sistemi patolojilerinin değerlendirilmesinde sık kullanılan, ucuz ve kolay ulaşılabilen bir yöntemdir. ÜFKS aynı zamanda tüm vücudu tek bir seferde tarayarak, olası kemik patolojilerin gösterilmesine de yardımcı olur.

Radyofarmasötik (RF) olarak genellikle Teknesyum-99m (Tc-99m) ile işaretli metilen difosfonat (MDP) kullanılmaktadır. Tc-99m MDP, fosfat içerir ve kimyasal absorpsiyon yolu ile kemikteki hidroksiapatit kristallerine bağlanır. ÜFKS, üç aşamada gerçekleştirilir. Birinci fazda, Tc-99m MDP' in intravenöz enjeksiyonunu takiben bir dakika süre ile 1-3 saniye aralıklarla kanlanma (perfüzyon) görüntüleri alınır. Hemen ardından ortalama 2-3 dakika süren ikinci faz

olan kan havuzu fazı görüntüleri alınır. Ortalama üç saat sonra üçüncü faz olan kemik fazı görüntülemesi yapılır¹⁰⁻¹¹.

Stres fraktürü tanısında ilk olarak direkt grafi istenilmektedir ancak direkt grafi erken dönemde negatif olabilmektedir. ÜFKS, erken dönemde kemik metabolizmasındaki değişikliklerin gösterilmesinde çok duyarlı bir yöntemdir. Kemikte tekrarlayan stres lokal kemik remodelling sürecine ve RF' nin etkilenen bölgede tutulumuna neden olur. Stres fraktürünün tipik sintigrafik görünümü vardır. Perfüzyon ve kan havuzu fazında, etkilenen kemik bölgesinde fokal veya fuziform artmış kan akımı ve hiperemi, kemik fazında ise aynı bölgede belirgin fokal veya fuziform artmış RF tutulumu görülür (Resim 1). RF tutulumunun derecesi, travmanın şiddeti ve stres fraktürünün ortaya çıkma zamanı ile koreledir. Yeni ortaya çıkan stres fraktüründe, kemiğin remodelling sürecine bağlı olarak RF tutulumu eski stres fraktürüne göre daha yüksek düzeyde izlenir¹²⁻¹⁴.



Resim 1. Üç fazlı kemik sintigrafisi, kan havuzu fazı (A) görüntüsünde, stres fraktürü ile uyumlu olarak sağ 4. metatars proksimalinde artmış hiperemi, geç statik görüntüde (B), bu alanda fokal artmış aktivite tutulumu görülmektedir.

Stres fraktürünün shin splint' ten ayrımı önemlidir. Shin splint, aşırı kullanım sonucunda soleus kasının kemiğe yapışma yerindeki inflamasyon sonucu gelişen bir periost reaksiyonudur. Shin splintte antienflamatuvar tedavi ve kısa süreli istirahat önerilmekte iken, stres fraktüründe uzun süreli istirahat gerekmektedir. Bu nedenle ayırıcı tanı önemlidir. Shin splintte erken dönemde yapılan perfüzyon ve kan havuzu görüntüleri normaldir. Geç dönemde alınan kemik fazı görüntülerinde, tibia posteriorunda lineer artmış RF tutulumu görülmektedir^{4,15-21}.

2. Kemik SPECT görüntüleme

ÜFKS bazı kemik lezyonlarını gösteremeyebilmektedir, anatomik olarak kompleks kemik yapılarda üst üste gelen aktivite tutulumlarının değerlendirilmesi zor olabilmektedir. Bu nedenle kemik SPECT (Tek Foton Emisyon Bilgisayarlı Tomografi) görüntülemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Kemik SPECT görüntülemede multiple projeksiyonlarda gama kamera ile görüntüler alınır, RF' nin tüm iskelet sistemindeki dağılımının koronal, sagittal ve aksiyal düzlemde gösterilmesini sağlar. Kemik SPECT ile ÜFKS' den yaklaşık 10-20 kat daha fazla görüntü kontrastı sağlanmış olur, ÜFKS' nin duyarlılığı artar, iskelet lezyonlarının daha doğru anatomik lokalizasyonu sağlanır²¹⁻²⁴.

Kemik SPECT görüntüleme özellikle vertebradaki stres fraktürlerinin değerlendirilmesinde önerilmektedir. Bellah ve arkadaşlarının yaptığı 71 hastalık bir seride vertebradaki stres fraktürlerinin değerlendirilmesinde, kemik SPECT' in ÜFKS' ye göre daha duyarlı olduğu gösterilmiştir²⁵.

3. SPECT/BT görüntüleme

SPECT/BT (Tek Foton Emisyon Bilgisayarlı Tomografi / Bilgisayarlı Tomografi), nükleer tıp bölümlerinin çoğunda bulunan ve giderek artan bir sıklıkta kullanılan bir hibrit görüntüleme yöntemidir. Üst ve alt ekstremitenin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır, özellikle travma, enfeksiyon, dejenerasyon veya tümör nedeniyle kemik turnoverinin arttığı durumlarda değerlidir. Direkt grafi negatifse, Manyetik Rezonans (MR) görüntüleme kontraendike ise kullanışlı ve faydalı bir yöntemdir.

SPECT/BT görüntülemenin çok kesitli düşük doz Bilgisayarlı Tomografi (BT) komponenti ile ÜFKS' de saptanan nonspesifik lezyonların tam anatomik lokalizasyonu tespit edilir ve böylece ÜFKS' nin özgüllüğü artar. SPECT/BT' nin BT komponenti ile aynı zamanda SPECT görüntülemede görülen RF tutulumunun kemikte mi eklem yüzeyinde mi olduğunu ayırt etmemize yardımcı olur, RF tutulumuna denk gelen alanda fraktür varsa tespit edilir ve stres fraktürü tanısı konulur.

SPECT/BT, el ve ayak gibi kompleks anatomik yapıların değerlendirilmesinde bile tam anatomik lokalizasyon sağlayabilmektedir. Anatomik deformite ile birlikte, çok sayıda travma öyküsü olan hastaların değerlendirilmesinde değerli bir yöntemdir. Radyolojik görüntüleme yetersiz veya şüpheli olduğunda, diğer tanısal yöntemlere öncülük eder, cerrahi

planlanmasında yardımcı olur²⁶⁻³⁰.

4. F-18 NaF PET/BT görüntüleme

Kemik dokusunun değerlendirilmesinde kullanılan diğer bir alternatif yöntem osteoblastik aktiviteyi gösteren Flor-18 Sodyum Florür (F-18 NaF) ile yapılan PET/BT (Pozitron Emisyon Tomografi/Bilgisayarlı Tomografi) görüntülemesidir. F-18 NaF' nin kemiğe bağlanması kimyasal absorpsiyon yolu ile olur. Serum proteinlerine çok düşük düzeyde bağlanması ve böbreklerden atılımının hızlı olması nedeniyle görüntü kalitesi çok iyidir. Tc-99m'le işaretli diğer RF' lerle karşılaştırıldığında, kemik zemin aktivite oranı yüksektir. F-18 NaF PET/BT benign kemik patolojilerinin değerlendirilmesinde faydalıdır. PET/BT' nin BT komponenti ile hem aktivite tutulumu olan bölgenin tam anatomik lokalizasyonunu sağlar hem de kemik dışı yapıların değerlendirilmesi sağlar. Fischer ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada F-18 NaF PET/BT' nin ayakta açıklanamayan kemik ağrıları olan hastaların yönetiminde etkili olduğu gösterilmiştir³¹⁻³².

5. PET/MR görüntüleme

F-18 Florür PET/MR (Pozitron Emisyon Tomografi/ Manyetik Rezonans) görüntüleme güncel bir hibrit bir görüntüleme tekniğidir. Hem morfolojik hem de fonksiyonel görüntüleme imkanı sağlamaktadır. Aynı zamanda kemik iliğindeki ve yumuşak dokudaki değişikliklerin değerlendirilmesinde yardımcıdır.

Özellikle ayaktaki stres fraktürlerinin değerlendirilmesinde faydalı bir yöntem olup, duyarlılığı ve özgüllüğü yüksektir. Erken dönemde direkt grafi normalken, PET/MR' ın MR komponenti ile kemik iliğindeki değişiklikler gösterilerek stres fraktürü tanısı konulabilmektedir. Rauscher ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada açıklanamayan ayak ağrısı olan hastaların değerlendirilmesinde F-18 Florürle yapılan PET/MR' ın, PET/BT' ye kıyasla teknik olarak daha kolay, görüntü kalitesi yönünden daha iyi, stres fraktürünü tespit etmede tanısal performansının daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Stres fraktürü olan olgularda PET/BT ile görüntülemeye BT' de kemik yapıda tespit edilebilir herhangi bir değişiklik saptanamazken, PET/MR' ın MR komponenti ile kemik iliği patolojileri gösterilmiştir. Bu nedenle PET/MR' la tespit edilen vaka sayısı PET/BT' ye kıyasla daha yüksek oranda bulunmuştur. Ancak tedavinin etkinliğinin değerlendirilmesi açısından faydasının gösterilmesi için geniş kapsamlı ileri incelemelere gerek vardır³²⁻³³.

Sonuç

Stres fraktürü, normal kemiğe tekrarlayan mikrotravma sonucu oluşur. Tekrarlayan mikrotravma fraktüre kadar ilerleyebilmektedir. Bu nedenle stres fraktürünün erken dönemde tanısını koymak hasta yönetimi açısından önem taşımaktadır. Direkt grafi, tanıda ilk tercih edilen bir görüntüleme yöntemi yöntem olmasına rağmen küçük kemik lezyonlarının değerlendirilmesinde kullanımı sınırlıdır. Üstelik erken dönemde direkt grafide stres fraktürü görülemeyebilmektedir. ÜFKS, stres fraktürünün erken dönemde tanısını koymada oldukça duyarlı, ucuz ve kolay ulaşılabilen bir nükleer tıp görüntüleme yöntemidir. ÜFKS' yi takiben yapılan Kemik SPECT görüntüleme tekniği ile ÜFKS' nin duyarlılığı artar, kemik lezyonlarının daha doğru anatomik lokalizasyonu sağlanır. SPECT/BT hibrit görüntüleme tekniği, el ve ayak gibi kompleks anatomik yapıların değerlendirilmesinde etkili bir yöntemdir. F-18 NaF' le yapılan PET/BT görüntüleme, Tc-99m'le işaretli diğer RF' lerle karşılaştırıldığında görüntü kalitesi çok iyidir. PET/MR güncel bir hibrit görüntüleme yöntemi olup duyarlılığı ve özgüllüğü yüksektir. Özellikle konvansiyonel görüntüleme yöntemleri ile tanı konulamayan açıklanamayan ayak ağrılarının değerlendirilmesinde F-18 PET/MR görüntüleme yararlıdır.

Sonuç olarak, kemik dokusunda patoloji olan bölgedeki metabolik değişiklikleri saptayan, fonksiyonel ve moleküler görüntüleme imkanı sağlayan nükleer tıp yöntemlerinin stres fraktürünün erken dönemde tanısını koymada önemi göz ardı edilmemelidir ve bu yöntemlerin öneminin bilinmesinin hastaların yönetiminde anlamlı katkılar sağladığını düşünmekteyiz.

Kaynaklar

1. Peris P. Stress fractures in rheumatological practice: clinical significance and localizations. *Rheumatol Int.* 2002;22:77-9.
2. Bennell KL, Brukner PD. Epidemiology and site specificity of stress fractures. *Clin Sports Med.* 1997;16:179-96.
3. Csizy M, Babst R, Fridrich KS. 'Bone tumor' diagnostic error in stress fracture of the medial tibial plateau. *Unfallchirurg.* 2000;103:993-5.
4. Ömür Ö, Kapulu C, Uğur Ö. Kas iskelet sistemi hastalıklarında nükleer tıp yöntemleri. *TOTBİD (Türk Ortopedi ve Travmatoloji Birliği Derneği) Dergisi.* 2007;6:1-29.
5. Choi HJ, Cho HM. Multiple stress fractures of the lower extremity in healthy young men. *J Orthop Traumatol.* 2012;13:105-10.

6. Orhan Z, Kurt A, Parmaksızoğlu AS, Yılmaz N. Futbol maçı sonrası stres kırığı. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 1993;27:285-6.
7. Tsuchie H, Okada K, Nagasawa H, Chida S, Shimada Y. Bilateral stress fracture of the fibulae and periostitis of the tibiae. *Med Princ Pract.* 2010;19:490-2.
8. Iwamoto J, Takeda T. Stress fractures in athletes. *J Orthop Sci.* 2003;8:273-8.
9. Karalezli MN, Toy H, Yıldız Y, Yıldırım S. Fibula proksimalinde stres kırığı: olgu sunumu. *Genel Tıp Dergisi.* 2006;16:187-9.
10. Agrawal K, Marafi F, Gnanasegaran G, VanderWall H, Fogelman I. Pitfalls and limitations of radionuclide planar and hybrid bone imaging. *Semin Nucl Med.* 2015;45:347-72.
11. Groves AM, Cheow HK, Balan KK, Housden BA, Bearcroft PW, Dixon AK. 16-Detector multislice CT in the detection of stress fractures: a comparison with skeletal scintigraphy. *Clin Radiol.* 2005;60:1100-5.
12. Dragoni S, Giombini A, Di Cesare A, Ripani M, Magliani G. Stress fractures of the ribs in elite competitive rowers: a report of nine cases. *Skeletal Radiol.* 2007;36:951-4.
13. Beck BR, Bergman AG, Miner M, Arendt EA, Klevansky AB, Matheson GO et al. Tibial stress injury: relationship of radiographic, nuclear medicine bone scanning, MR imaging, and CT severity grades to clinical severity and time to healing. *Radiology.* 2012;263:811-8.
14. Oddy MJ, Davies MB. Stress fractures of the navicular. *Oper Tech Sports Med.* 2009;17:115-8.
15. Jaukovi L, Ajdinovi B, Gardasevi K, Dopu M. Tc-99m MDP bone scintigraphy in the diagnosis of stress fracture of the metatarsal bones mimicking oligoarthritis. *Vojnosanit Pregl.* 2008;65: 325-7.
16. Zwas ST, Elkanovitch R, Frank G. Interpretation and classification of bone scintigraphic findings in stress fractures. *J Nucl Med.* 1987;28:452-7.
17. Nielsen MB, Hansen K, Holmer P, Dyrbye M: Tibial periosteal reactions in soldiers. A scintigraphic study of 29 cases of lower leg pain. *Acta Orthop Scand.* 1991;62:531-4.
18. Giladi M, Ahronson Z, Stein M, Danon YL, Milgrom C. Unusual distribution and onset of stress fractures in soldiers. *Clin Orthop.* 1985;192:142-6.
19. Ekinci S, Tekin L. Mekanik nedenli ayak ve ayak bilek ağrıları. *TAF Prev Med Bull.* 2011;10: 339-42.
20. Uğur MD, Yıldırım M, Eren S, Yünceviz R, Erdal A, Cerrahođlu L et al. Stres fraktürlerinin tanı ve tedavisinin takibinde sintigrafinin radyografi ile karşılaştırılması. *Fiziksel Tıp.* 1999;2:17-21.
21. Gates, GF. SPECT bone scanning of the spine. *Semin Nucl. Med.* 1998;28:78-94.
22. Yıldırım M, Gursoy R, Varoglu E, Oztasyonar Y, Cogalgil S. 99mTc-MDP bone SPECT in evaluation of the knee in asymptomatic soccer players. *Br J Sports Med.* 2004;38:15-8.
23. Bryant LR, Song WS, Banks KP, Bui-Mansfield LT, Bradley YC. Comparison of planar scintigraphy alone and with SPECT for the initial evaluation of femoral neck stress fracture. *AJR Am J Roentgenol.* 2008;191:1010-5.

24. Zukotynski K, Curtis C, Grant FD, Micheli L, Treves ST. The value of SPECT in the detection of stress injury to the pars interarticularis in patients with low back pain. *J Orthop Surg Res.* 2010;5:13.
25. Collier BD, Krasnow AZ, Hellman RS. SPECT bone scanning. In *Skeletal Nuclear Medicine*, 1st ed. (Eds BD Collier, I Fogelman, L Rosenthal):44-71. USA, Mosby, 1996.
26. Stephen S. SPECT/CT Imaging in general orthopedic practice. *Semin Nucl Med.* 2009;39:293-307.
27. Huellner MW, Strobel K. Clinical applications of SPECT/CT in imaging the extremities. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2014;41:50-8.
28. Horger M, Bares R. The role of single-photon emission computed tomography/computed tomography in benign and malignant bone disease. *Semin Nucl Med.* 2006;36:286-94.
29. Scharf SC. Bone SPECT/CT in skeletal trauma. *Semin Nucl Med.* 2015;45:47-57.
30. Pelletier-Galarneau M, Martineau P, Gaudreault M, Pham X. Review of running injuries of the foot and ankle: clinical presentation and SPECT-CT imaging patterns. *Am J Nucl Med Mol Imaging.* 2015;5:305-16.
31. Jadvar H, Desai B, Conti PS. Sodium 18F-fluoride PET/CT of bone, joint, and other disorders. *Semin Nucl Med.* 2015;45:58-65.
32. Rauscher I, Beer AJ, Schaeffeler C, Souvatzoglou M, Crönlein M, Kirchoff C et al. Evaluation of 18F-fluoride PET/MR and PET/CT in patients with foot pain of unclear cause. *J Nucl Med.* 2015;56:430-5.
33. Crönlein M, Rauscher I, Beer AJ, Schwaiger M, Schaeffeler C, Beirer M et al. Visualization of stress fractures of the foot using PET-MRI: a feasibility study. *Eur J Med Res.* 2015;20:99.

Correspondence Address / Yazışma Adresi

Ebru Salmanoğlu
Kahramanmaraş Sütçü İmam
Üniversitesi Tıp Fakültesi
Nükleer Tıp Anabilim Dalı,
Kahramanmaraş, Turkey
e-mail: ebrusalmanoglu@yahoo.com

Geliş tarihi/ Received: 06.06.2016**Kabul tarihi/ Accepted:** 10.08.2016