

Enfoque diagnóstico y terapéutico del paciente con pie diabético

J. García, J.M. González-Clemente

Utilidad de la resonancia nuclear magnética en las lesiones del pie diabético

Servicio de Diabetes. Endocrinología y Nutrición.
Hospital de Sabadell. Sabadell (Barcelona)

Correspondencia:

Dr. José Miguel González-Clemente. Servicio de Diabetes, Endocrinología y Nutrición. Hospital de Sabadell. C/Parc Taulí s/n. 08208 Sabadell (Barcelona)
e-mail: jmgonzalez@cspt.es

RESUMEN

Los individuos con diabetes mellitus presentan a menudo complicaciones en el pie conocidas como "pie diabético". La evaluación clínica de los pacientes es fundamental, aunque a menudo insuficiente, para la valoración de las lesiones que presenta el pie diabético. En los últimos años, la resonancia nuclear magnética (RNM) se está revelando como una técnica complementaria útil en la evaluación de estas complicaciones, entre las que se encuentran ulceraciones o procesos infecciosos de partes blandas (celulitis, abscesos) o articulares (artritis sépticas), hasta osteomielitis o neuroartropatía de Charcot. El diagnóstico diferencial entre osteomielitis y neuroartropatía de Charcot puede ser particularmente complejo, y en esta situación, la RNM puede proporcionar información sumamente útil (distribución de las lesiones, patrón de edema, señales postcontraste, presencia de deformidades, afectación de partes blandas), con las que se debe estar familiarizado para realizar un diagnóstico adecuado.

Palabras Clave: Pie diabético; Osteomielitis; Neuroartropatía de Charcot; Resonancia nuclear magnética.

ABSTRACT

Diabetic foot is a frequent complication of diabetes mellitus. In the assessment of the diabetic foot clinical examination is mandatory, although frequently it is insufficient for a proper diagnosis. In the last years, nuclear magnetic resonance (NMR) has become a useful complementary diagnostic technique in the evaluation of the complications of the diabetic foot. NMR provides useful information in the evaluation of ulcerations, infectious conditions (cellulitis, abscess, septic arthritis, osteomyelitis) and Charcot's neuroarthropathy. Among these complications, the differential diagnosis between osteomyelitis and Charcot's neuroarthropathy is often difficult and of main importance. In this issue, information provided by NMR on location of the lesions, pattern of edema, post-contrast signals, deformities and soft tissue involvement is of importance for a right differential diagnosis.

Key Words: Diabetic foot; Osteomyelitis; Nuclear magnetic resonance; Charcot's neuroarthropathy.

INTRODUCCIÓN

La afectación del pie por diabetes, situación conocida como "pie diabético", tiene importantes repercusiones económicas y socio-sanitarias. Así, por ejemplo, se ha calculado que entre un 15-20 % de pacientes con diabetes mellitus (DM) pueden presentar alguna complicación en el pie que precise hospitalización en algún momento de su vida, fundamentalmente isquémica o infecciosa¹. También es un hecho conocido que la DM incrementa hasta 40 veces el riesgo de amputación no traumática¹.

En los últimos años la resonancia nuclear magnética (RNM) se ha ido introduciendo cada vez más como herramienta diagnóstica en el manejo de las complicaciones del pie asociadas a la diabetes. Este nuevo papel de la RNM será el objeto de la presente revisión.

CUESTIONES PRELIMINARES ANTES DE REALIZAR UN ESTUDIO DE RNM DEL PIE

Los protocolos de evaluación del pie mediante RNM son muy variables, pero podemos establecer algunos principios generales. En primer lugar, se debe realizar una buena historia clínica además de una exploración física minuciosa, para permitir al radiólogo optimizar la calidad del estudio. Así, por ejemplo, la localización de la úlcera debe especificarse claramente para centrar el estudio en la zona afectada.

En segundo lugar, se debería realizar al menos cortes en dos planos del área de estudio. En este sentido, según la zona estudiada, así serán los planos seleccionados: para el antepié y los dedos debería utilizarse un plano perpendicular a éstos (coronal), sin embargo para visualizar las articulaciones metatarsofalángicas e interfalángicas en busca de posibles artritis sépticas, los planos sagitales y paralelos a los dedos son muy importantes^{2,3}. El mediopié puede ser explorado en el plano sagital en busca de alteraciones provocadas por la neuroartropatía. Este plano también es adecuado para explorar la superficie plantar y la cara posterior del calcáneo, mientras que los planos axial y coronal se utilizan para la exploración de los maléolos.

Otro aspecto importante es el valor diagnóstico diferente que puedan tener las imágenes potenciadas en T1 o en T2. Las imágenes en T1 permiten evaluar la anatomía y la grasa subcutánea y medular. Sin embargo, para estudiar el tejido óseo, los tejidos blandos (incluyendo las estructuras tendinosas), el edema o la presencia de derrames, resultan más útiles las imágenes en T2 con supresión de la señal de grasa, ya que solo así puede diferenciarse el edema en la médula

o en el tejido subcutáneo de la grasa (si ello no es posible debería utilizarse la técnica STIR (short tau inversión recovery)^{2,3}).

Finalmente, otro aspecto relevante es la utilización de contrastes. No está aún claramente demostrado que la utilización de gadolinio mejore el diagnóstico de osteomielitis, pero sin duda, sí que mejora el diagnóstico de infección de partes blandas. Un edema subcutáneo leve prácticamente no captará contraste, pero una celulitis a menudo mostrará, como veremos mas adelante, una captación difusa del mismo. Además, el contraste también es útil en el estudio de abscesos. No obstante, en estos casos se recomienda obtener imágenes en T1 antes y después de la administración del contraste, y en el mismo plano, para poder evaluar completamente la captación anormal de señal. Otra utilidad del contraste consiste en evaluar zonas que han sufrido una agresión quirúrgica y que sin contraste pueden mostrarse enmascaradas en la imagen.

RNM EN LA EXPLORACIÓN DE LA PATOLOGÍA DEL PIE ASOCIADA A DIABETES MELLITUS

La RNM del pie en los pacientes con DM puede aportar información en varias situaciones patológicas, que pasamos a revisar a continuación, y que aparecen resumidas en la Tabla I.

Hiperqueratosis y ulceración

La hiperqueratosis puede apreciarse a menudo por RNM como una zona de baja intensidad de señal en T1 e intensidad moderada en T2. No obstante su imagen puede ser confusa, sobre todo después de la administración del contraste, ya que con éste se puede enmascarar un foco infeccioso de partes blandas. En estos casos, la localización de la lesión y la ausencia de cambios en los tejidos adyacentes pueden ayudarnos en el diagnóstico. En la imagen de RNM, la úlcera es identificada por una alteración de los tejidos circundantes, a menudo cercanos a prominencias óseas y con tejido de granulación en la base de la úlcera. Este tejido ofrece baja señal en T1 y moderada o alta en T2.

Celulitis y absceso

Algunas úlceras infectadas producen afectación de partes blandas en forma de celulitis y abscesos. La celulitis se presenta con eritema, flogosis e inflamación de la extremidad afectada, desafortunadamente los mismos signos de una afectación neuroartropática aguda. La celulitis debe diferenciarse de la imagen de edema que pueden presentar

TABLA I. Características generales de las señales de RNM en las lesiones de pie diabético

	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T1 postcontraste</i>	<i>Comentario</i>
<i>Señal de parte blanda</i>				
Hiperqueratosis	Baja focal (tejido subcutáneo)	Baja-intermedia	Aumento focal	Se mezcla con la señal de la piel
Úlcera	Baja	Alta	Aumento focal del cráter	Discontinuidad de la señal de la piel
Celulitis	Baja regional	Alta difusa	Aumento regional	
Absceso	Baja	Alta	Aumento en anillo	
Desvitalización/edema	Normal-baja	Alta difusa	Ausencia de aumento regional o poco aumento	Osteomielitis y abscesos pueden también no presentar un aumento postcontraste
Cuerpo extraño	Baja	Alta o ausente	Aumento	
<i>Señal de médula</i>				
Osteomielitis	Baja	Alta	Alta	Asociada a infección de partes blandas
Edema óseo	Normal	Alta	Alta, en ocasiones	
Neuroatropatía aguda	Baja	Alta	Alta	Para diferenciarla de la osteomielitis véase Tabla I
Neuroartropatía crónica	Normal-baja	Normal-Alta	Aumento subcondral	
Infarto óseo	Baja. Márgenes marcados	Alta en anillo. Bien definida	Aumento mínimo	

los pacientes con DM debido a la isquemia de tejidos blandos y a la insuficiencia venosa. En ambos casos, las imágenes en T1 pueden mostrar un ligero engrosamiento de la piel y reticulación del tejido graso y también pueden dar imagen en T2. Sin embargo, la administración de contraste se acompaña de una muy buena captación, cosa que no suele ocurrir en la isquemia, donde las captaciones son irregulares o no se producen.

Entre un 10 y un 50% de pacientes con DM y osteomielitis tienen un absceso en las partes blandas, especialmente si existe un factor traumático, que provoca la infección por inoculación. La mayoría de estos abscesos "intra" e intermusculares son muy pequeños, y muestran invariablemente infección de tejidos adyacentes con edema y captación de señal en el perímetro de la lesión⁴. En general, el absceso produce una señal de intensidad entre baja e intermedia en imágenes en T1, y alta en imágenes en T2 (Figura 1). Cuando se administra contraste, se produce una captación en el perímetro de la lesión (captación en anillo)⁴. Cuando el absceso está presente en el tejido subcutáneo, es fácil que no produzca imagen de hiper captación y que sólo aparezca como una reticulación moderada del tejido graso subcutáneo⁵.

Cuerpo extraño

La presencia de neuropatía sensitiva puede determinar que el individuo no perciba la presencia de posibles cuerpos extraños introducidos en tejidos blandos superficiales o profundos. Si esta situación se cronifica, provoca una reacción inflamatoria sin la existencia real de absceso. Incluso es posible que no exista una ulceración en el punto de entrada, y que el paciente no refiera ninguna historia de factor traumático.

Los cambios inflamatorios son detectados como una señal de alta intensidad en imágenes en T2 y de baja intensidad en T1. En ocasiones no existe imagen significativa en T2, aunque en este caso existirá buena captación tras la administración de contraste. Los cuerpos extraños pueden ser difíciles de identificar porque suelen ser de pequeño tamaño, por lo que no es extraño sospechar de su existencia sin llegar a visualizarlos. En este sentido, la presencia de un área sin captación correspondiente al granuloma puede ser un signo de sospecha, que puede intentar confirmarse mediante una tomografía axial computerizada.

Artritis séptica

Las articulaciones metatarsofalángeas e interfalángeas son las que presentan artritis séptica con más frecuencia,

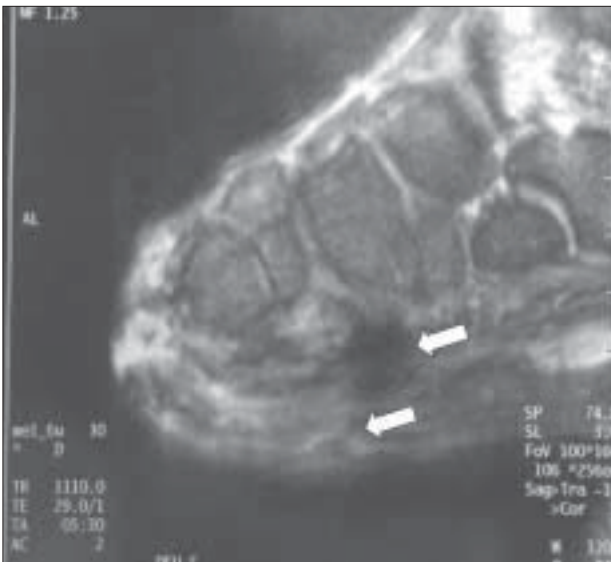


Figura 1. Absceso plantar con trayecto fistuloso. (Paciente diabético con amputación de los cinco dedos. Se aprecia un absceso plantar en el metatarso con trayecto fistuloso hacia el exterior, correspondiente a una úlcera plantar).

debido a su localización superficial y a su proximidad a las áreas de ulceración más habituales. En los pacientes con DM, la inoculación directa desde una úlcera es el origen más habitual de estas artritis sépticas.

La artritis séptica presenta un derrame articular por RNM⁶. La presencia de líquido en el interior de la articulación es fisiológica y no debe confundirse con un derrame articular, aunque el diagnóstico diferencial puede ser especialmente difícil en la primera articulación metatarsofalángica. En esta localización, una distensión dorsal es el signo más claro de derrame⁵. Además, también puede estar distendida la cápsula articular. En las imágenes en T1 las artritis sépticas muestran una captación débil (si la señal es moderada o intensa se debería sospechar una osteomielitis). Con la administración de contraste, se produce una intensa captación del mismo, y las superficies óseas contiguas pueden mostrar edema captado en las imágenes en T2, como el que se puede observar en las osteomielitis. Los hallazgos más específicos de artritis séptica son erosiones óseas, edema medular óseo, y destrucción del cartílago^{5,7}.

Osteomielitis frente a edema medular óseo

La sensibilidad de la RNM en la osteomielitis es del 77-100%, y su especificidad del 80-100%⁸⁻¹⁰. Sin embargo, la osteomielitis plantea el diagnóstico diferencial con el edema medular óseo reactivo, relativamente frecuente en la diabetes debido a la desvitalización de los tejidos. En ambos casos,



Figura 2. Osteomielitis del quinto dedo con absceso. (Paciente diabético con amputación de segundo, tercero y cuarto dedos. Se aprecia destrucción ósea de la cabeza del quinto metatarsiano y edema óseo con colección líquida alrededor. Esta imagen es compatible con una osteítis del quinto dedo y un absceso entre cuarto y quinto metatarsianos).

existe una alta captación en imágenes en T2 y en imágenes recuperadas en inversión (inversion recovery images). No obstante, la osteomielitis muestra poca captación de imagen medular en imágenes en T1, mientras que cuando presenta edema reactivo muestra una captación normal. Con contraste, hay captación medular cuando existe osteomielitis, pero algunas veces también al presentar edema reactivo. La discontinuidad cortical tiene un alto valor predictivo de osteomielitis¹⁰ (Figura 2), pero otros signos pueden ser menos fidedignos. Así, en imágenes en T2, la reacción perióstica, que puede indentificarse sobre todo tras la administración de contraste, puede también apreciarse en alteraciones neuroatropáticas, sobre todo en la zona proximal de los metatarsianos.

La forma más clara y simple de diagnosticar la osteomielitis es encontrar la úlcera y/o fistulización y seguir su trayecto hasta el hueso. Si entonces la imagen en T1 aparece una zona de baja captación, ello nos confirmará la pre-

TABLA II. Diagnóstico diferencial entre osteomielitis y neuroatropatía mediante exploración clínica y RNM

	<i>Osteomielitis</i>	<i>Neuroatropatía</i>	<i>Comentarios</i>
Localización típica	Dedos (distal, dorso), cabezas metatarsianos (sobre todo primero y quinto), calcáneo, maléolo	Línea de Lisfranc y de Chopart	Si existen deformidades en el pie, la osteomielitis puede aparecer en localizaciones atípicas
Distribución	Focal, difusión local centrípeta	Múltiples articulaciones en una región	
Patrón de edema y señal postcontraste	Predomina la afectación de un hueso	Epicentro en la articulación y en el hueso subcondral	
Deformidad	Rara (a no ser que exista una neuroartropatía subyacente)	Frecuente	
Tejidos blandos	Úlcera adyacente, celulitis	Aumento postcontraste limitado solo a los tejidos blandos yuxtaarticulares; piel y tejidos subcutáneos intactos.	El edema difuso del tejido subcutáneo es típico de la afectación del pie con diabetes

sencia de osteomielitis^{6,10,11}. Su extensión ósea se determina mejor con imágenes en T1. De hecho, la extensión puede no diagnosticarse en T2. La afectación articular y la implicación de tejidos blandos se detectará mejor con contraste.

Los procesos infecciosos en el pie se diseminan habitualmente siguiendo sus compartimentos anatómicos. El pie consta de tres compartimentos delimitados por fascias: medial, lateral y central (Figura 2). El medial llega hasta la base del primer metatarsiano, el lateral hasta la base del quinto metatarsiano, y el central, situado entre los otros dos, abarca mediopie y retropie, y se continua con el compartimento de los músculos de la pantorrilla. Estos compartimentos configuran barreras a la diseminación de la infección, tanto hacia zonas proximales como a la extensión entre ellos mismos. Estas barreras son imperfectas y la extensión de la infección puede abarcar varios compartimentos, aunque no suele ser habitual¹². Los espacios articulares son una débil barrera para la diseminación de la infección, y una osteomielitis periarticular a menudo afecta a la articulación contigua. Curiosamente, los tendones no son una vía común de diseminación proximal de la infección, aunque no es raro que sus vainas estén infectadas⁵. Los tendones más frecuentemente infectados son los peroneos, porque la úlcera más frecuente es la del maléolo peroneal. Otras infecciones frecuentes se producen en los flexores y extensores, y tendón de aquiles por úlceras en el talón. La mayoría de las infecciones tendinosas son focales, mientras que la mayoría de lesiones de tejidos blandos son locales, cerca de un recorrido fistular o

una zona de osteomielitis. La diseminación a distancia de la infección es rara, sobretodo desde los compartimentos medial y lateral^{5,13}.

Neuroartropatía frente a osteomielitis

Clínicamente la neuroartropatía diabética puede enmascarar una osteomielitis, ya que en ambos casos el paciente se presenta con eritema y otros signos inflamatorios. En la imagen de RNM ambas patologías muestran signos de edema óseo subcondral, extravasación articular, reacción perióstica y cambios inflamatorios en los tejidos blandos. El diagnóstico diferencial de ambas entidades queda resumido en la Tabla 2.

La osteomielitis tiene tendencia a localizarse en puntos de presión y en puntos de prominencias óseas, y normalmente cerca de una ulceración^{10,14}. Por tanto, sus localizaciones más comunes son las cabezas de los metatarsianos y las articulaciones interfalángicas del antepié y la cara plantar del calcáneo, y la parte distal del peroné en el retropié (Figura 4). Además, en la osteomielitis los tejidos circundantes presentarán signos de infección, como por ejemplo signos de celulitis. Por su parte, los cambios neuroatropáticos tienen tendencia a situarse en el mediopie, sobre todo en las articulaciones de Chopart y Lisfranc, y acostumbra a abarcar una mayor extensión y un mayor número de articulaciones (Figura 4). La única localización típica de infección en el mediopie es el cuboide en pacientes con neuroartropatía severa¹⁵.

El diagnóstico de osteomielitis en RNM se basa en la

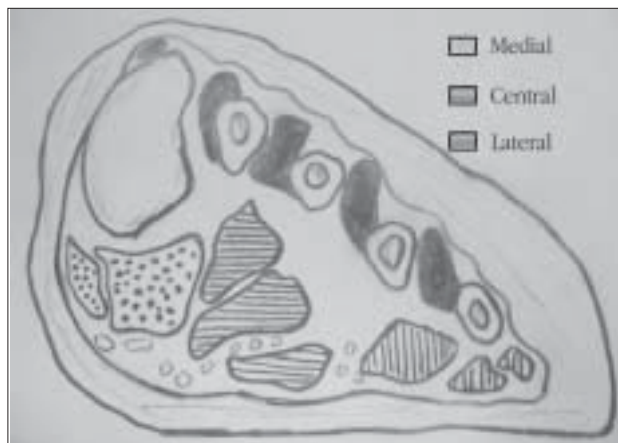


Figura 3. Esquema de los compartimentos medial, lateral y central del pie.

identificación de la señal alterada en tejido medular óseo^{5,7,13,15,16}. Como ya hemos comentado, la infección de este tejido se traduce en la pérdida de señal grasa en imágenes en T1, con señal hiperintensa en T2 o en STIR, y con captación en T1 post-contraste con Gadolinio (Tabla I). Este último signo localizado en el hueso subcondral tiene una alta sensibilidad para el diagnóstico de la osteomielitis. No obstante, otras alteraciones pueden alterar el tejido óseo de forma parecida, incluyendo las fracturas, tumores, artritis inflamatoria severa, o cambios post quirúrgicos recientes.

Por su parte, la neuroartropatía ofrece imágenes diferentes en RNM según se presente de forma aguda y con rápida progresión, o de forma crónica y de larga evolución. En el primer caso son más frecuentes el edema óseo y el derrame articular, de forma que estos signos pueden provocar confusión con la osteomielitis. En los estadios iniciales de la forma aguda, las imágenes axiales de RNM pueden ser útiles para apreciar la alteración del ligamento de Lisfranc, que transcurre de la cuña medial a la base del segundo metatarsiano, y que es esencial para la estabilidad del mediopie (Figura 4). Los signos que se producen en RNM en la osteomielitis, como la baja captación en T1 y la alta captación en T2 son muy parecidos a los que pueden observarse en la neuroartropatía. Además, también pueden detectarse erosiones en los márgenes de la articulación, y en las imágenes con Gadolinio, la captación medular tiene una distribución predominantemente subcondral. En estadios más avanzados, puede detectarse destrucción articular con formaciones quísticas, erosiones, y fragmentación ósea. Fracturas recientes debidas a la neuroartropatía pueden contribuir a cambios en la intensidad de captación de la señal que pueden inducir a errores de diagnóstico. De todas formas,

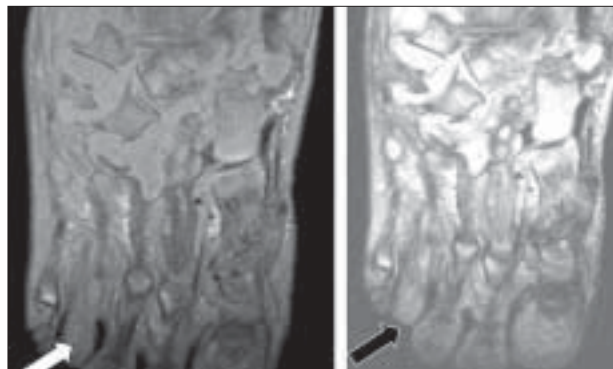


Figura 4. Imagen de neuroartropatía de Charcot en el pie derecho. (Se aprecia una osteólisis en el cuarto metatarsiano y afectación concomitante en el segundo y tercer metatarsianos, junto con una afectación pluriarticular y derrame articular del mediopie, además de la articulación de Lisfranc).

en los estadios iniciales de la forma aguda es de ayuda la radiografía simple para la exclusión por ejemplo de tumores, fracturas de estrés, etc. También puede ser útil la comparación con el pie contralateral. Un detalle importante es que la densidad ósea estará aún preservada, o en algunos casos incluso aumentada.

En el caso de la neuroartropatía crónica el paciente presentará luxaciones y subluxaciones, así como también destrucción y fragmentación del hueso articular, que en estadios muy avanzados puede incluso mostrar zonas de necrosis e infarto óseo. Además, mostrará un edema mucho menor o incluso ausente. Los quistes subcondrales aparecerán muy localizados y con una baja captación de señal en T1 y alta en T2. También pueden aparecer cuerpos libres intraarticulares. De forma típica, la neuroartropatía crónica presenta una intensidad de señal disminuida, con esclerosis ósea en todas las secuencias. La alteración de la articulación de Lisfranc típicamente muestra la subluxación lateral y superior de los metatarsianos, llegando a la conocida deformidad del mediopie en balancín, que provocará ulceraciones en zonas no preparadas para la carga. En este estado de neuroartropatía, es útil la radiografía simple, con la que conoceremos el grado de deformidad y destrucción osteoarticular: fragmentación y esclerosis de las cabezas de los metatarsianos, ensanchamiento de las bases de las falanges en forma de copa, ocasionalmente acortamiento y reabsorción de la parte distal de metatarsianos y falanges, fracturas asintomáticas, etc.¹⁵.

En algunas ocasiones, puede producirse una infección en pacientes con neuroartropatía. Recientemente, el "signo fantasma" ha sido descrito como una observación muy útil para distinguir entre la presencia o ausencia de infección⁷, que consiste en que áreas de osteomielitis en una articula-

ción neuroatropática no son captadas en T1 pero sí aparecen en T2 y en T1 postcontraste. La gammagrafía con leucocitos puede ser también de utilidad en estos casos.

Infarto muscular

La isquemia con infarto muscular es una manifestación poco frecuente en los pacientes con diabetes mellitus, y se ha descrito sobre todo en pantorrilla y muslo. No es raro que afecte a la vez múltiples localizaciones y es bilateral hasta en una tercera parte de los pacientes.

Clínicamente estos pacientes presentarán dolor, de inicio súbito o gradual, e inflamación en el área afectada sin antecedente traumático. La imagen de RNM de la región afectada muestra un músculo dilatado y edematoso en T2 y en imágenes en inversión. Los signos en T1 pueden ser normales^{15,16}. Si existe sospecha de infarto muscular y cambios edematosos asociados en todo un compartimento muscular, debe considerarse la presencia de un síndrome compartimental como complicación secundaria.

CONCLUSIONES.

La RNM se está introduciendo como una técnica diagnóstica relevante en el manejo de los pacientes con DM con afectación del pie. Sin embargo, a menudo los signos que se observan mediante RNM no son específicos, por lo que es muy importante conjugar los hallazgos con la sintoma-

tología clínica de los pacientes o con otras exploraciones complementarias.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado con ayuda del Fondo de Investigaciones Sanitarias (RG03/212).

CONSIDERACIONES PRÁCTICAS

- La RNM está revelándose como una herramienta diagnóstica de importancia en el manejo de las complicaciones del pie asociadas a la diabetes.
- Dado que a menudo los signos que se observan en las imágenes no son específicos, es muy importante conjugar los hallazgos con la sintomatología clínica de los pacientes o con otras exploraciones complementarias, como la radiografía simple y la gammagrafía ósea.
- La forma más clara y simple de diagnosticar una osteomielitis es encontrar la úlcera y/o fistulización y seguir su trayecto hasta el hueso. Una zona de baja captación en T1 confirmará su presencia. Sin embargo, la afectación articular y la implicación de tejidos blandos se detecta mejor con contraste.

BIBLIOGRAFÍA

- Morrison WB, Ledermann HP. Work-up of the diabetic foot. *Radiol Clin N Am* 2002; 40: 1171-1192.
- Schweitzer ME, Bock GW, et al. Diagnosis of osteomyelitis: utility of fat-suppressed contrast-enhanced MR imaging. *Radiology* 1993; 189: 251-257.
- Ledermann HP, Morrison WB, Schweitzer ME, et al. Tendon involvement in pedal infection: MR analysis of frequency, distribution and spread of infection. *Am J Radiol* 2002; 179: 939-947.
- Ledermann HP, Schweitzer ME, Morrison WB. Non-enhancing tissue on RM imaging of pedal infection: characterization of necrotic tissue and associated limitation for diagnosis of osteomyelitis and abscess. *Am J Radiol* 2002; 224: 649-655.
- Chata DS, Cunningham PM, Schweitzer ME. MR imaging of the diabetic foot: Diagnostic challenges. *Radiol Clin N Am* 2005; 43: 747-759.
- Karchensky M, Schweitzer ME, Morrison WB, et al. MRI findings of sepsis arthritis and associated osteomyelitis in adults. *Am J Radiol* 2004; 182: 119-122.
- Ledermann HP, Morrison WB. Differential diagnosis of pedal osteomyelitis and diabetic neuroarthropathy: MR imaging. *Semin Musculoskelet Radiol* 2005; Vol 9, 3: 272-283.
- Morrison WB, Schweitzer ME, Batte WG, et al. Osteomyelitis of the foot: relative importance of primary and secondary MR imaging signs. *Radiology* 1998; 207: 625-632.
- Graif M, Schweitzer ME, Deely D, et al. The septic versus non septic inflamed joint: MRI characteristics. *Skeletal Radiol* 1999; 28: 616-620.
- Ledermann HP, Morrison WB, Schweitzer ME. Is soft tissue infection in pedal infection contained by fascial planes? MR analysis of compartmental involvement in 115 feet. *Am J Radiol* 2002; 178: 605-612.
- Schweitzer ME, Morrison WB. MR imaging of the diabetic foot. *Radiol Clin N Am*. 2004; 42: 61-71.
- Ledermann HP, Morrison WB, Schweitzer ME. MR image analysis of pedal osteomyelitis: distribution, patterns of spread, and frequency and associated ulceration and septic arthritis. *Radiology* 2002; 223: 747-755.
- Gil HC, Morrison WB. MR imaging of diabetic foot infection. *Radiology* 2004, Vol 8, 3: 189-198.
- Morrison WB, Ledermann HP, Schweitzer ME. MR imaging of the diabetic foot. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2001; Vol 9, 3: 603-612.
- Khoury NJ, El-Khoury GY, Kathol MH. MRI diagnosis of diabetic muscle infarction: report of two cases. *Skeletal Radiol* 1997; 26: 122-127.
- Chason DP, Flekenstein JL, Burns DK, et al. Diabetic muscle infarction: radiologic evaluation. *Skeletal Radiol* 1996; 25: 127-132.