

Angio-RM en el sistema osteomuscular

Joan Carles Vilanova^a • Joaquim Barceló^a • Antoni Capdevila^b • Josep Lluís Dolz^c • Miguel Villalón^a

^aDepartamento de Resonancia Magnética. Clínica Girona. Girona. España.

^bServicio de Radiología. Hospital Sant Joan de Déu. Esplugues de Llobregat. Barcelona.

^cServicio de Radiología. Hospital Mútua de Terrassa. Terrassa. Barcelona. España.

MR Angiography in the Muscle-Skeletal System

El diagnóstico por imagen del sistema osteomuscular ha sufrido un cambio espectacular desde el desarrollo de la resonancia magnética (RM). Actualmente, la RM se utiliza ampliamente para valorar la patología tanto del hueso como de las partes blandas. Para poder realizar una correcta valoración diagnóstica del sistema osteomuscular, es importante no solamente el conocimiento de la anatomía de los huesos y las partes blandas, sino también del sistema vascular. La combinación de la imagen en RM conjuntamente con la información en angiografía por RM (ARM) ofrece al radiólogo una herramienta muy eficaz para realizar diagnósticos más precisos mediante una técnica angiográfica poco invasiva. En este artículo presentamos la utilidad de la técnica ARM, con la descripción de las distintas técnicas y las principales indicaciones clínicas para realizar un estudio ARM conjuntamente al estudio estándar RM para el diagnóstico de lesiones vasculares asociadas al sistema osteomuscular. Las principales indicaciones clínicas se han clasificado, según la localización más frecuente de las distintas patologías, en tres grupos: *a*) extremidad superior; *b*) extremidad inferior y *c*) lesiones que pueden presentarse en cualquiera de ambas extremidades.

Palabras clave: Resonancia magnética. Angiografía. Estudios vasculares. Contraste. Osteomuscular.

Diagnostic imaging of the muscle-skeletal system has undergone a spectacular change since the development of magnetic resonance imaging (MR). At present, MR is widely used to evaluate the pathologies of both bone and soft tissue. In order to be able to make a proper diagnostic evaluation of the muscle-skeletal system, some knowledge of the vascular system, as well as that of bone and soft tissue anatomy, is important. The combination of MR imaging and information afforded by MR Angiography (MRA) offers the radiologist a very effective tool for making more precise diagnoses by means of a minimally invasive angiographic technique. Herein is outlined the usefulness of MRA technique, along with various technical descriptions and principal clinical indications for initiating MRA studies in conjunction with those employing standard MR for the diagnosis of vascular lesions associated with the muscle-skeletal system.

Main clinical indications have been classified into three groups according to most frequent location of the different pathologies: *a*) upper extremities, *b*) lower extremities and *c*) lesions which can appear either.

Key Words: Magnetic Resonance Imaging, Angiography, Vascular Studies, Contrast, Muscle-Skeletal

En los trastornos que afectan al sistema osteomuscular generalmente siempre pensamos en lesiones asociadas a los huesos, músculos, articulaciones, cartílago, ligamentos, etc., y olvidamos fácilmente las estructuras que todos ellos necesitan para poder realizar su función, es decir, los vasos. Precisamente, una lesión en el sistema vascular generalmente ocasiona y traduce una clínica y patología importantes. Los problemas vasculares de las extremidades se presentan casi siempre con clínica de claudicación, edema y/o dolor, y frecuentemente se asocian a trastornos musculares o articulares, especialmente en pacientes jóvenes, y pocas veces se asocian a origen vascular en la valoración clínica inicial. Ciertas actividades que requieren un uso continuado y estresante de las extremidades pueden crear lesión arterial con microtraumatismos repetitivos o por hipertrofia muscular, condicionada por el entrenamiento. Un grupo de riesgo son los atletas de alta competición. Asimismo, debe considerarse también el mecanismo directo de lesión sobre un vaso, principalmente por un traumatismo agudo.

Es por ello que se requiere un diagnóstico precoz de las lesiones vasculares, ya sea en patología de medicina del deporte, en

el mundo laboral o en atletas profesionales, para evitar así diagnósticos tardíos y posibles complicaciones, y poder reducir el tiempo de recuperación.

La resonancia magnética (RM) es una técnica fiable en la valoración del sistema osteomuscular y, al mismo tiempo, la angiografía por RM (ARM) representa un método alternativo poco invasivo para evaluar los vasos. La posibilidad de realizar en un único estudio ambas técnicas, RM estándar y ARM, hace considerar a la ARM como una técnica excelente en el sistema osteomuscular. La ventaja de mostrar no solamente las características endoluminales de los vasos, sino también las estructuras de vecindad favorecen para poder establecer un enfoque diagnóstico más preciso. Por este motivo, las técnicas de ARM se deben realizar siempre conjuntamente a secuencias convencionales potenciadas en T1 y T2, para así poder obtener al mismo tiempo un estudio morfológico.

El presente artículo revisa y describe la utilidad de la ARM y sus principales indicaciones en el campo del sistema osteomuscular.

TÉCNICAS EN ANGIO-RM

Generalmente, la técnica en ARM utiliza los mismos equipos y bobinas de cualquier otro estudio estándar de RM, pero especialmente se requieren equipos de alto campo (1.5 T) para poder realizar un estudio óptimo en ARM. En estos momentos, tam-

Correspondencia:

JOAN CARLES VILANOVA. Departamento de Resonancia Magnética. Clínica Girona. Lorenzana, 36. 17002 Girona. España. kvilanova@comg.es

Recibido: 17-V-2004.

Aceptado: 15-IX-2004.

bién existe la posibilidad de utilizar bobinas dedicadas vasculares para evaluar el abdomen y ambas extremidades, o todo el cuerpo con bobinas dedicadas con plataformas móviles¹.

La ARM puede realizarse con tres técnicas distintas²: técnicas convencionales sin contraste, como las secuencias TOF (*time of flight*); PC (contraste de fase), y la secuencia de más reciente implantación, ARM 3D con contraste. Es necesario conocer las ventajas, inconvenientes y principios físicos de cada una de ellas para poder seleccionar la secuencia más óptima en relación con la indicación clínica o sospecha clínica, debido a que cada técnica nos puede ofrecer información distinta y adicional. También es importante disponer de un examen clínico adecuado para facilitar el manejo y el planteamiento del estudio ARM.

Ocasionalmente, puede ser de utilidad realizar dos o más técnicas ARM distintas en el mismo paciente para conseguir una valoración y un diagnóstico final mejores. El tiempo de adquisición relativamente corto en ARM permite realizar estudios dinámicos en contracción muscular o maniobras de abducción (fig. 1) para valorar el grado de compromiso vascular, que serán de suma importancia para el diagnóstico final.

TOF

La técnica TOF obtiene imagen de flujo utilizando la diferencia de señal del tejido estacionario y del tejido en movimiento (sangre) en un determinado volumen. Esta técnica ha sido la más utilizada para el estudio de las extremidades, previo a la aparición de la ARM con contraste. La técnica TOF precisa de cortes finos orientados perpendicularmente a la dirección del vaso, de aquí que en las extremidades el plano de adquisición debe ser el axial. Cuando sea preciso evaluar zonas anatómicas grandes, como en las extremidades inferiores, entonces el tiempo de adquisición es excesivamente largo, especialmente en secuencia 3D. Además, el hecho de la presencia de flujo diastólico inverso en arterias patológicas requiere utilizar sincronización cardíaca, con lo que aumentamos aún más el tiempo de adquisición³. La adquisición en 2D TOF ha sido la más utilizada para evaluar la patología vascular en las extremidades o en el cuello, ya que permite estudiar áreas grandes manteniendo un tiempo de adquisición razonable. La posibilidad de utilizar pulso de saturación permite delimitar y discriminar la dirección del flujo arterial y venoso, y eliminarlo si fuera necesario.

Contraste de fase

La técnica de contraste de fase (PC) utiliza un mecanismo de adquisición distinto. Esta técnica utiliza la diferencia de magnetización entre el tejido estacionario y en movimiento (sangre) de un determinado volumen sometidos a un gradiente magnético. La técnica PC es menos susceptible a pérdidas de señal por vasos tortuosos, pero sí que se produce pérdida de señal en zonas de turbulencias². En el método de ARM en PC, la intensidad de señal es proporcional a la velocidad de flujo. Por ello, una de las ventajas de la técnica de contraste de fase es poder ser utilizada para valorar y cuantificar el flujo. Esta técnica se utiliza con método cine, con sincronización cardíaca para flujos pulsátiles, lo que posibilita adquirir datos en un ciclo cardíaco completo y poderse utilizar para valoración funcional en sístole y diástole. La secuencia en 2D PC es útil por su tiempo de adquisición muy corto, que permite utilizarla como técnica de localización. La técnica PC discrimina mejor la hiposeñal del tejido estacionario de la hiperseñal del tejido en movimiento que la secuencia TOF para diferenciar trombosis o hematomas de la propia señal del flujo, que pueden confundirse en las secuencias TOF. Sin embargo, un inconveniente es la baja resolución espacial de la secuencia 2D PC al realizar adquisiciones rápidas de cortes únicos con grosor elevado. La técnica PC también se puede adquirir en 3D, aunque en este caso el tiempo de adquisición es muy largo y a diferencia de la secuencia TOF, en este caso la calidad de la imagen depende de la correcta elección de la codificación de la velocidad del flujo.

Angio-RM 3D con contraste

La técnica de ARM con contraste se está utilizando ampliamente en la práctica clínica. La secuencia ARM 3D con contraste resuelve muchos de los problemas que presentan las secuencias TOF y PC, por su distinto mecanismo de adquisición, al no depender la señal del propio flujo. El principio de la técnica ARM con contraste es la de usar el efecto T1 corto del contraste intravenoso para proporcionar la hiperseñal en la imagen vascular. La adquisición en fase precoz del contraste permite obtener imágenes de los vasos arteriales sin contaminación venosa o del tejido estacionario. La calidad de la imagen es muy dependiente del tiempo de adquisición con relación a la llegada del contraste en la arteria que sea motivo de estudio.

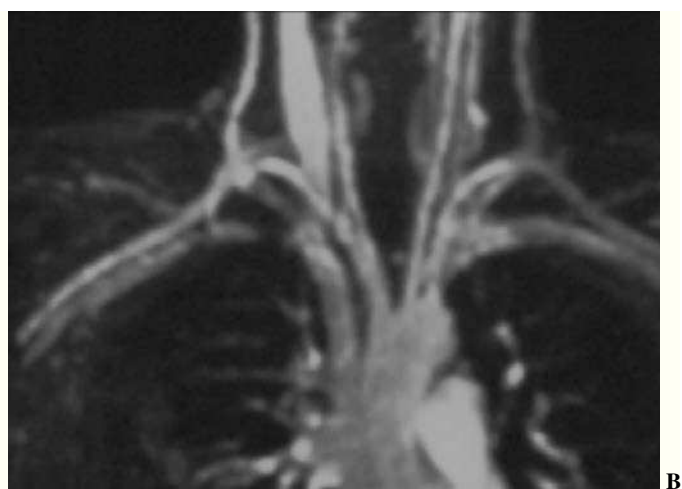
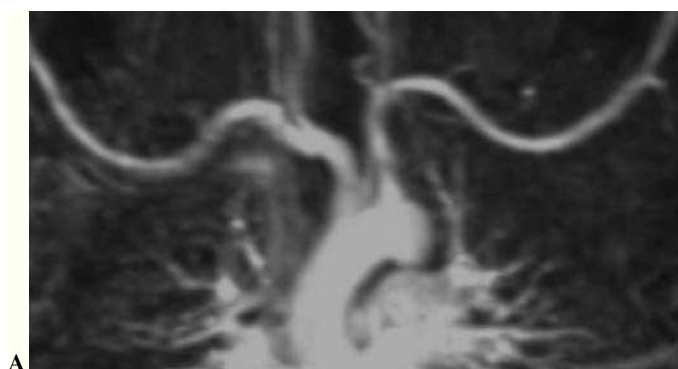


Fig. 1.—ARM 3D con contraste con los brazos en posición de abducción (A) en fase arterial precoz, y con los brazos en posición neutra (B) en fase tardía demostrando el aspecto normal de la arteria y vena subclavia.

Una sincronización defectuosa de este tiempo conlleva obtener imágenes con relación señal/ruido pobre, artefactos y contaminación venosa³. Métodos de test de la embolada, sincronización automática o en tiempo real (fluoroscopia RM) permiten optimizar el tiempo y evitar errores. Estos métodos permiten obtener imágenes por separado de arterias y venas. Existen varias ventajas de la técnica ARM con contraste respecto a los métodos convencionales sin contraste. Esta técnica es rápida, fácil de realizar, permite valorar regiones anatómicas grandes y muestra mejor resolución espacial en la adquisición en 3D. El contraste utilizado, gadolinio, no presenta efectos nefrotóxicos a las dosis habituales⁴, y las reacciones alérgicas son poco frecuentes. La ARM no utiliza radiaciones ionizantes, se trata de una técnica poco invasiva y más barata que la angiografía convencional.

El protocolo de estudio de la ARM 3D con contraste incluye la adquisición de una serie precontraste como máscara, seguido de varias series repetidas tras la administración del contraste. Para mejorar la señal/ruido de las imágenes se realiza sustracción de la serie con contraste de la serie máscara (sin contraste), con posterior reconstrucción MIP (proyección de máxima intensidad) o MPR (reconstrucción multiplanar) para obtener imágenes en las distintas fases: arterial precoz, arterial tardía, venosa y fase tardía⁵. El mejor método para evaluar volúmenes o campos de visión reducidos del sistema osteomuscular es realizar una secuencia 2D TOF inicial y posteriormente realizar un estudio dedicado ARM 3D con contraste. La secuencia TOF permite obtener una secuencia vascular inicial en 2D que pueda ser orientativa, y especialmente puede ser de utilidad para localizar el nivel de la arteria cuando utilizamos la técnica de administración de contraste con disparo automático sobre una arteria preseleccionada.

EXTREMIDAD SUPERIOR

Síndrome del desfiladero torácico

La principal aplicación de la ARM en la extremidad superior es la exploración de los ejes arteriales o venosos subclavioaxilares. El síndrome del desfiladero torácico traduce la presencia de manifestaciones clínicas en el brazo causadas por la compresión del paquete neurovascular al alejarse de la entrada torácica. El

paquete neurovascular se compone de la arteria subclavia, la vena subclavia y el plexo braquial. La causa más frecuente de los síntomas de la salida torácica está en la compresión de los nervios y la menos frecuente en la compresión vascular. La RM convencional, combinada con la ARM muestra bien la anatomía, así como cualquier oclusión o compresión vascular⁶.

Una técnica de estudio óptima para el desfiladero torácico puede incluir: secuencia ARM 3D con contraste con los brazos en hiperabducción y realizado en tres fases consecutivas; a continuación secuencias en T1 en los tres planos para valoración anatómica con los brazos en adducción, y por último repetir la secuencia ARM 3D con contraste en esta última posición. El tiempo de adquisición de las secuencias en T1 se realiza entre las dos secuencias angiográficas para eliminar el contraste vascular. El tiempo máximo del estudio es de 30 min. Puede aparecer compresión de las estructuras vasculares en varias zonas. El punto más crítico se encuentra en la zona costoclavicular, es decir, entre la primera costilla y la clavícula. Algunas variantes anatómicas como la costilla cervical (fig. 2) pueden estrechar este espacio. La obstrucción puede producirse también por la hipertrofia o por la inserción anómala del músculo escaleno, que puede observarse en atletas de alta competición y en lanzadores de pelota o jabalina debido a su afectación por abducción⁷. La ARM es una técnica fiable para identificar las estructuras anatómicas responsables de los síntomas clínicos y, fundamentalmente, por la posibilidad de mostrar los efectos que tiene la hiperabducción del brazo (figs. 1 y 2) sobre la permeabilidad de los vasos subclavios.

Síndrome del martillo hipotenar

Los traumatismos cerrados repetitivos en las zonas hipotenares producen una lesión vascular característica de la porción terminal de la arteria cubital. Esta patología aparece normalmente en personas que utilizan la palma de la mano como martillo, de ahí el término «síndrome del martillo hipotenar». La apariencia clínica es muy típica, con isquemia digital unilateral en el flujo sanguíneo de la arteria cubital, que comprende del tercer al quinto dedo y que desemboca en una palidez o incluso en necrosis⁸. Además, en estos pacientes puede darse el fenómeno de Raynaud. Desde la aparición de la ARM con contraste⁹, esta técnica se ha utilizado para establecer distintos diagnósticos en la mano

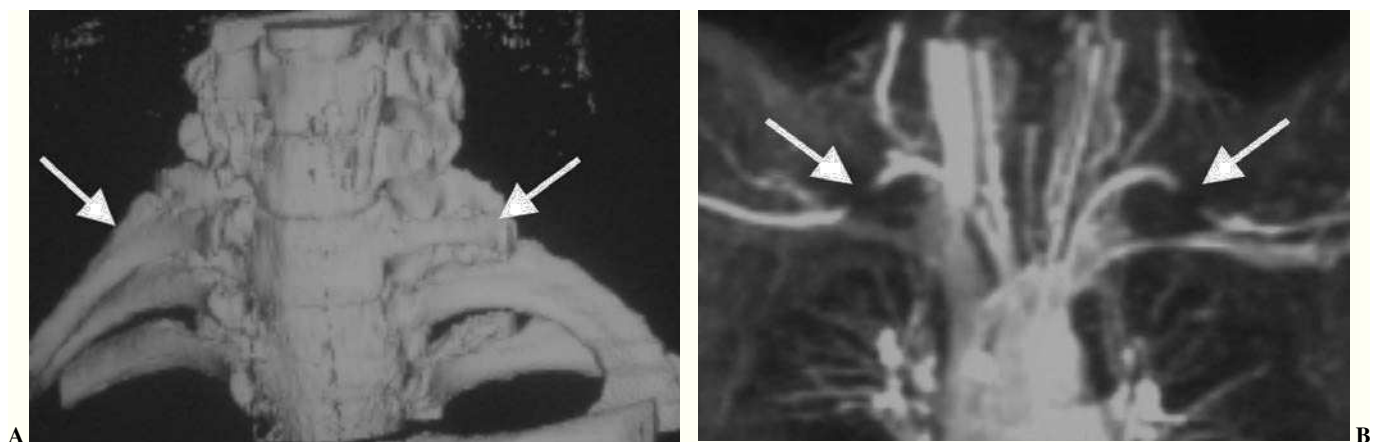


Fig. 2.—Costillas cervicales bilaterales. A) TC en reconstrucción 3D mostrando costillas cervicales bilaterales asimétricas (flechas). B) Adquisición ARM 3D con contraste en fase arterial mostrando la estenosis de ambas arterias subclavias (flechas).



Fig. 3.—Endofibrosis de la arteria ilíaca externa. ARM TOF de la pelvis mostrando una estenosis regular en el trayecto de la arteria ilíaca externa derecha (flecha) en un joven ciclista con clínica de claudicación.

y la muñeca. La ARM proporciona información detallada de la morfología y la extensión de la lesión de los vasos¹⁰.

EXTREMIDAD INFERIOR

Endofibrosis de la arteria ilíaca externa

El cuadro clínico de dolor persistente de las extremidades inferiores relacionado con el ejercicio, que aparece sobre todo en ciclistas, debería descartar la presencia de fibrosis en la arteria ilíaca. Puesto que las patologías arteriales normalmente se asocian a las secuelas de distintas lesiones musculotendinosas concomitantes, pueden pasar varios meses antes de la sospecha de una causa arterial. La endofibrosis de la arteria ilíaca externa se detecta en ciclistas y está causada por el ejercicio continuo en la bicicleta estática. Esta patología se asocia a los ciclistas profesionales y se manifiesta al recorrer de 60.000 a 100.000 km en bicicleta¹¹. Los hallazgos histológicos indican fibrosis de la íntima que afecta a la arteria ilíaca externa. La ARM es un método no invasivo para diagnosticar la estenosis (fig. 3).

Enfermedad quística adventicial

La enfermedad quística adventicial (EQA) de la arteria poplítea es una causa poco frecuente pero bien conocida de claudicación intermitente, sobre todo en pacientes jóvenes. La causa de

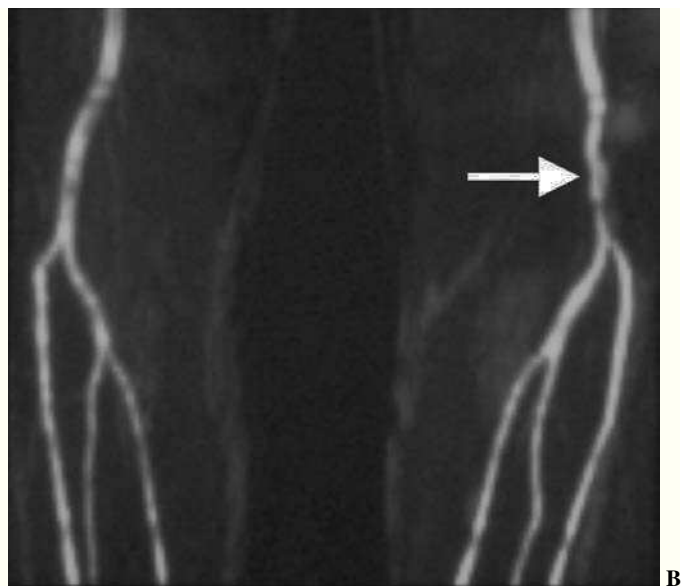


Fig. 4.—Quiste adventicial. A) Corte sagital en T2, que muestra una lesión hiperintensa con septos rodeando la arteria poplítea con aspecto de «salchicha», en un paciente de 35 años con claudicación después de cirugía del ligamento cruzado anterior. B) ARM TOF mostrando una estenosis irregular de la arteria poplítea izquierda (flecha).

esta enfermedad no está clara todavía, y en la bibliografía existen varias hipótesis respecto a su origen¹². La EQA consiste en la formación de quistes en la adventicia arterial. Los quistes están rellenos de material mucoso, y comprimen la luz de la arteria, lo que condiciona su estenosis y afecta progresivamente al endotelio. Mediante RM podemos detectar la presencia de quistes, visualizándolos como lesiones hipointensas en secuencias potenciadas en T1 y como lesiones hiperintensas en secuencias potenciadas en T2. Estas lesiones pueden adoptar una morfología en «salchicha» (fig. 4) por la presencia de septos. La extensión de la estenosis arterial se observa mediante secuencias ARM (fig. 4).

Síndrome de atrapamiento de la arteria poplítea

El síndrome de atrapamiento de la arteria poplítea (SAAP) es una anomalía congénita poco frecuente, presente en adultos jóvenes, que causa síntomas de isquemia en la extremidad inferior. Es el resultado de varios tipos de relaciones anómalas entre la arteria poplítea y las estructuras vecinas. La clasificación más popular y aceptada divide el SAAP en cinco subtipos¹³. El tipo I se asocia a un trayecto arterial medial anómalo alrededor de la cabeza medial del músculo gastrocnemio; esta forma es la más común. El tipo II se localiza cuando la cabeza medial del gastrocnemio está unida a la región intercondílea más lateral e inferiormente de lo normal, desplazando la arteria medialmente. En el tipo III la arteria se encuentra en posición normal, pe-

ro una inserción accesoria anómala del músculo de la cabeza medial del gastrocnemio envuelve a la arteria poplítea y la atrapa. El tipo IV se produce por la localización profunda de la arteria poplítea y supone el atrapamiento de la arteria por una banda fibrosa o músculo poplíteo. En el tipo V se ve involucrada también la vena poplítea por el atrapamiento, además de la presencia de hallazgos de cualquiera de los cuatro tipos anteriores.

La valoración radiológica del SAAP es importante para poder distinguirlo de otras causas de oclusión en la arteria poplítea¹⁴. Generalmente, el retraso en el diagnóstico se produce por la reticencia de los médicos a solicitar un estudio angiográfico en pacientes jóvenes que presentan síntomas imprecisos. La ARM es una exploración rápida, no invasiva y fácil de realizar en pacientes jóvenes. La ventaja principal de la RM es la posibilidad de proporcionar una descripción detallada de la anatomía y las anomalías y, al mismo tiempo, su combinación con la ARM proporciona suficiente información adicional sobre la arteria poplítea (fig. 5). La técnica RM para el estudio del SAAP debe incluir secuencias en T1 en los tres planos para valoración anatómica. El estudio ARM puede realizarse en adquisición 3D con contraste, al mismo tiempo que se realiza maniobra de provocación en flexión plantar contra resistencia y flexión dorsal activa. Posteriormente, puede repetirse la exploración ARM con contraste en posición neutra. Para volúmenes de exploración reducidos puede realizarse la secuencia ARM en TOF con las mismas maniobras de posición neutra y en maniobra de provocación (fig. 5).

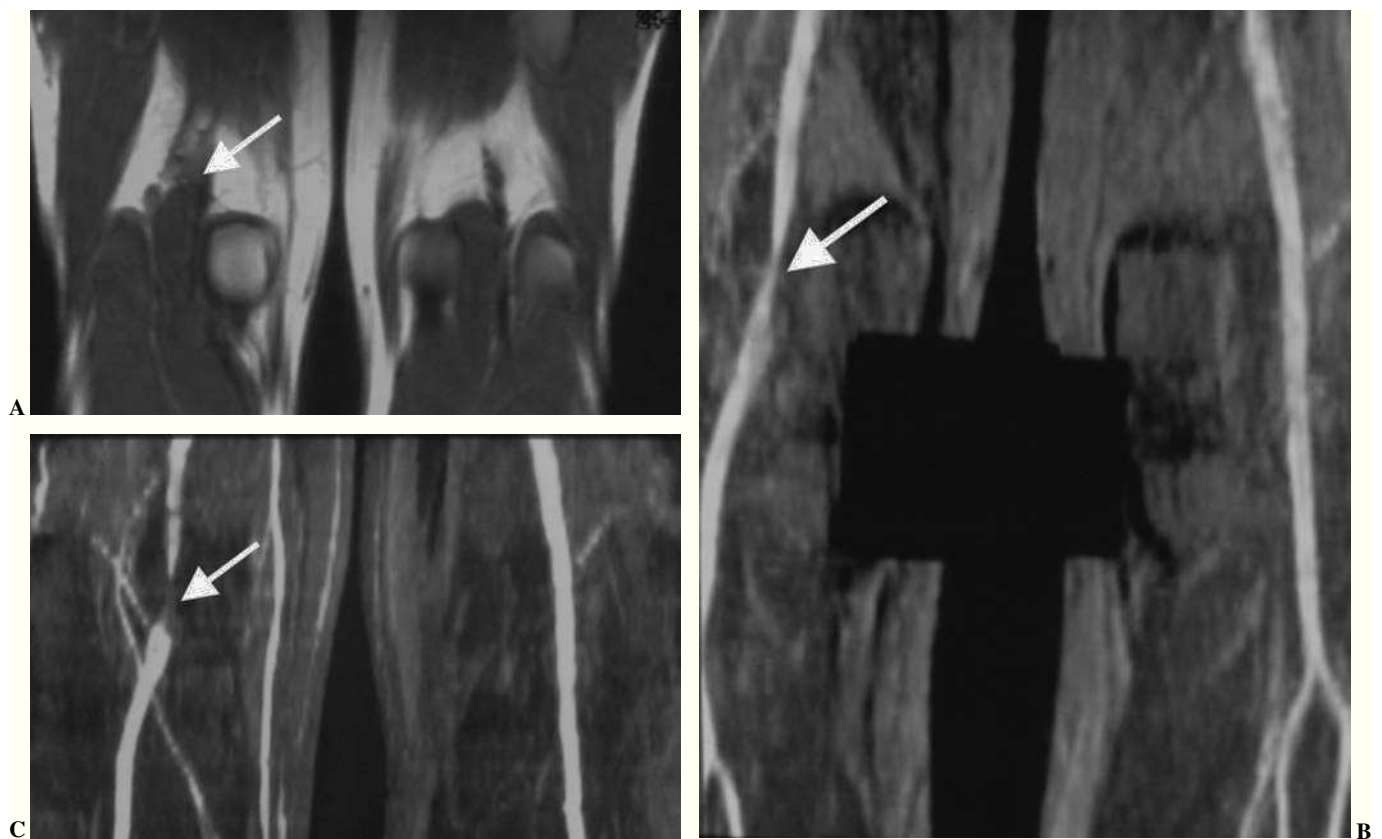


Fig. 5.—Síndrome de atrapamiento de la arteria poplítea. A) Corte coronal en RM potenciado en T1, que muestra la cabeza medial del músculo gemelo de localización más lateral a su posición normal en la rodilla derecha (flecha). B) ARM TOF en reposo, que muestra una estenosis de la arteria poplítea derecha (flecha). C) ARM TOF durante la flexión plantar activa contrarresistencia del pie, que muestra oclusión de la arteria poplítea derecha (flecha).

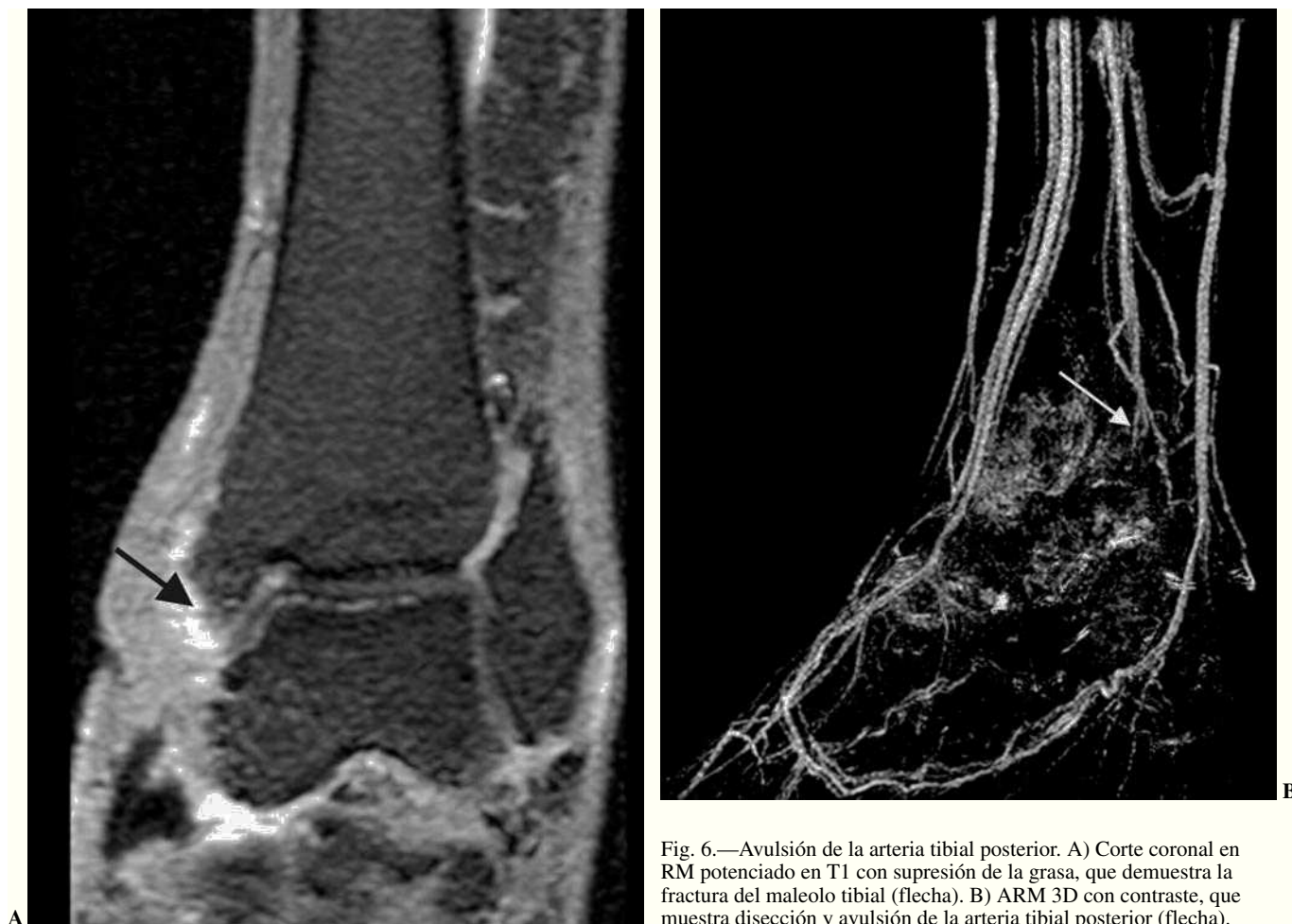


Fig. 6.—Avulsión de la arteria tibial posterior. A) Corte coronal en RM potenciado en T1 con supresión de la grasa, que demuestra la fractura del maleolo tibial (flecha). B) ARM 3D con contraste, que muestra disección y avulsión de la arteria tibial posterior (flecha).

La indicación clínica del estudio ARM en el SAAP se realiza para poder establecer el diagnóstico diferencial con otras entidades como aneurismas, enfermedad quística adventicial, oclusión funcional de la arteria debido a la hipertrofia muscular en los atletas, aterosclerosis prematura, síndrome antifosfolípido primario y enfermedad de Buerger

LESIONES GENERALES

El tercer grupo de lesiones puede estar presente tanto en las extremidad superior como en la inferior. Son lesiones frecuentemente asociadas a traumatismos, tal es el caso de la disección, la avulsión y el pseudoaneurisma; aunque otras indicaciones de ARM osteomuscular pueden relacionarse con tumores, malformaciones vasculares y trombosis que pueden presentarse en cualquier estructura vascular del cuerpo.

Disección

Las disecciones arteriales murales son raras pero son las lesiones traumáticas más frecuentes de la arteria. Se trata de lesiones espontáneas o postraumáticas, si bien es cierto que se han descrito casos después de esfuerzos mínimos como la tos violenta, la movilidad brusca de cuello, el golf, los masajes y la quiropráctica¹⁵ como mecanismo lesional en el cuello. Es importante conocer los hallazgos en estudios de ARM y RM estándar, puesto que la planificación del tratamiento depende por completo de la localización y el tipo radiológico de la disección¹⁶. La ARM es la mejor técnica para visualizar la configuración de la estenosis, su extensión y para poder realizar un seguimiento de la lesión durante el tratamiento. Otras indicaciones de ARM son los traumatismos graves y las lesiones óseas que determinan avulsión vascular (fig. 6).

El tercer grupo de lesiones puede estar presente tanto en las extremidad superior como en la inferior. Son lesiones frecuentemente asociadas a traumatismos, tal es el caso de la disección, la avulsión y el pseudoaneurisma; aunque otras indicaciones de ARM osteomuscular pueden relacionarse con tumores, malformaciones vasculares y trombosis que pueden presentarse en cualquier estructura vascular del cuerpo.

Aneurisma y pseudoaneurisma

El aneurisma traumático o el pseudoaneurisma son secuelas poco frecuentes (fig. 7). Estas lesiones pueden aparecer en cualquier arteria, dependiendo del mecanismo traumático. Un aneurisma falso o pseudoaneurisma es un espacio pseudovascular con sangre contiguo a un vaso cuya pared está formada por tejido conectivo reactivo¹⁶. La ARM es una técnica excelente para valorar lesiones sospechosas detectadas después del traumatismo en un estudio con RM convencional. La posibilidad de utilizar secuencias de RM, además de ARM, ofrece la posibilidad de distinguir entre un hematoma pulsátil de un pseudoaneurisma, especialmente con la utilización de secuencias PC para localizar el flujo sanguíneo, distinguir el trombo, localizar la arteria del aporte sanguíneo y el tamaño real del aneurisma falso (fig. 8).

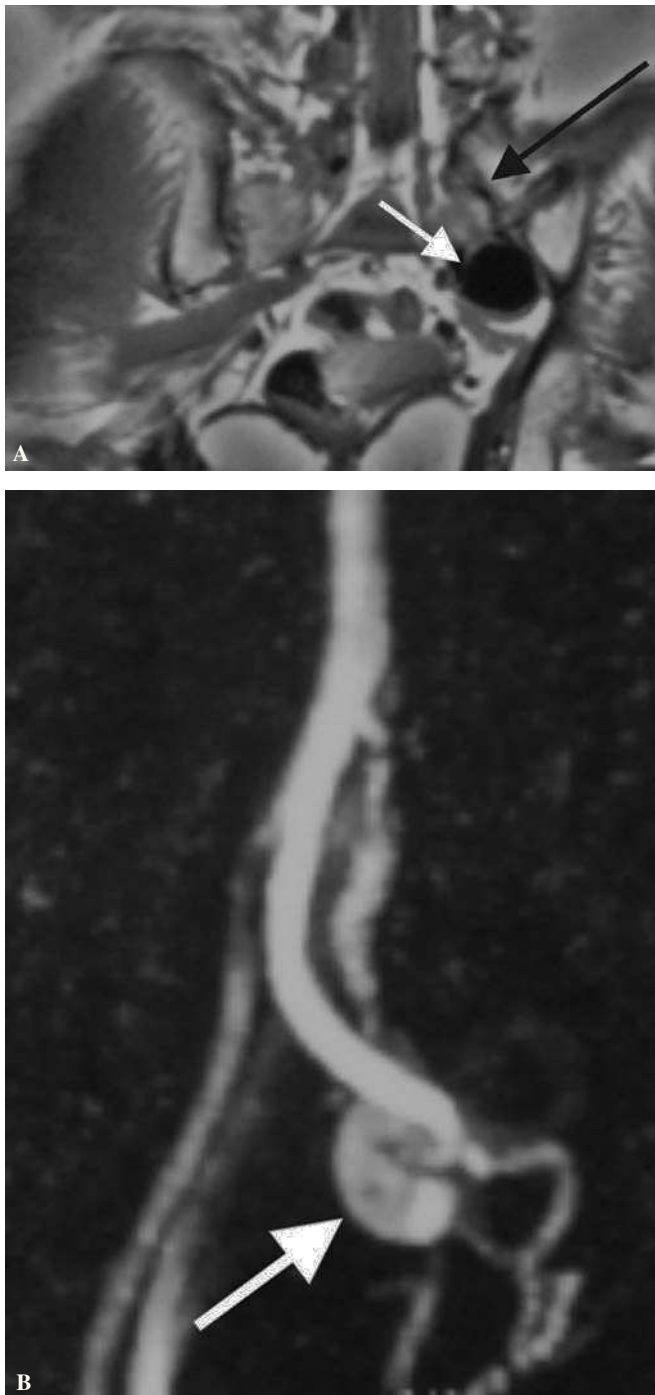


Fig. 7.—Aneurisma postraumático. A) Corte coronal en RM potenciado en T1, que muestra imagen nodular de vacío de señal en la pelvis izquierda (flecha blanca) con fractura del sacro (flecha negra), en una mujer con claudicación de la extremidad inferior izquierda dos meses después de caerse del caballo. B) ARM TOF, que muestra un aneurisma de la arteria ilíaca interna izquierda (flecha).

Malformaciones vasculares

La RM desempeña un papel fundamental en el estudio de las malformaciones vasculares, por su capacidad multiplanar y de contraste superior de los tejidos blandos. Se considera la mejor técnica individual de imagen para la identificación y caracteriza-

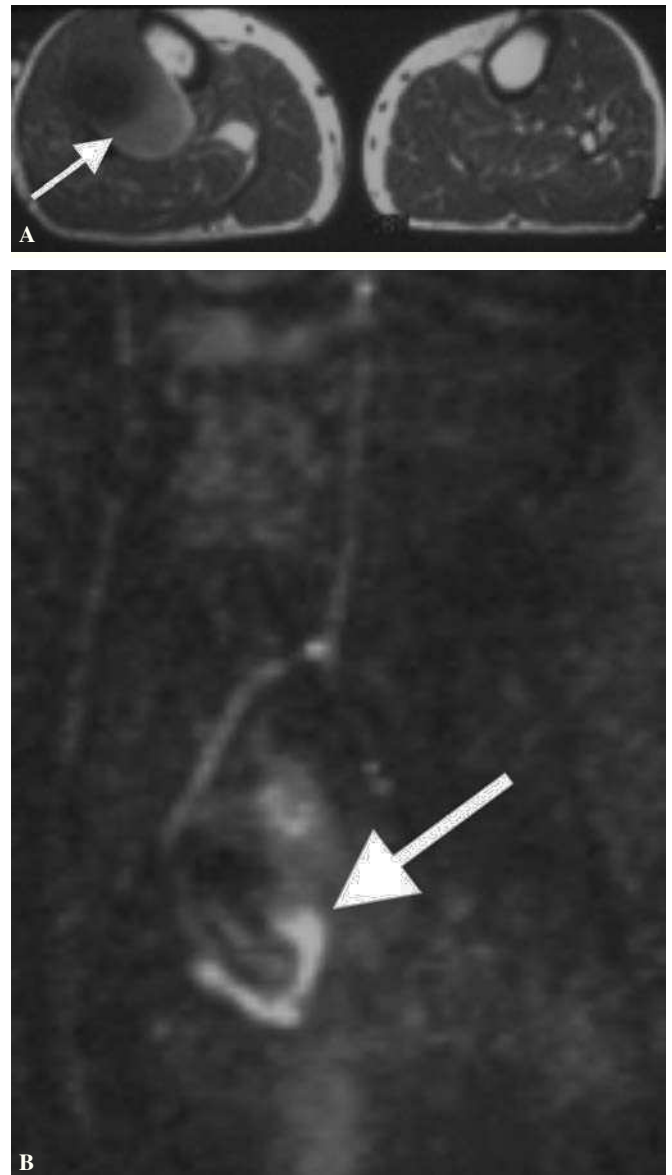


Fig. 8.—Seudoaneurisma postraumático. A) Corte axial en RM potenciado en T1, que muestra un extenso hematoma sobre la musculatura del tibial anterior con señal heterogénea (flecha). B) ARM con técnica PC, que muestra el pseudoaneurisma de la arteria tibial anterior y demuestra la entrada del flujo sobre éste (flecha).

ción de las grandes lesiones vasculares¹⁷. Se ha demostrado que el aspecto en la RM de las anomalías vasculares se corresponde con la clasificación biológica de las anomalías vasculares de tejido blando¹⁸. Sin embargo, las lesiones con flujo bajo pueden ser mixtas y presentarse con una apariencia similar en la RM, lo que hace que no puedan diferenciarse¹⁹. La RM convencional es la técnica adecuada para catalogar las malformaciones vasculares y para definir la extensión anatómica. La combinación de las características en RM convencional con las características en estudio dinámico de ARM 3D con contraste puede utilizarse para caracterizar y valorar las malformaciones vasculares, sobre todo para distinguir entre las lesiones vasculares con flujo alto o bajo^{17,20,21}.

El progresivo uso de la RM como método diagnóstico de cuerpo entero permite detectar más frecuentemente los hemangio-

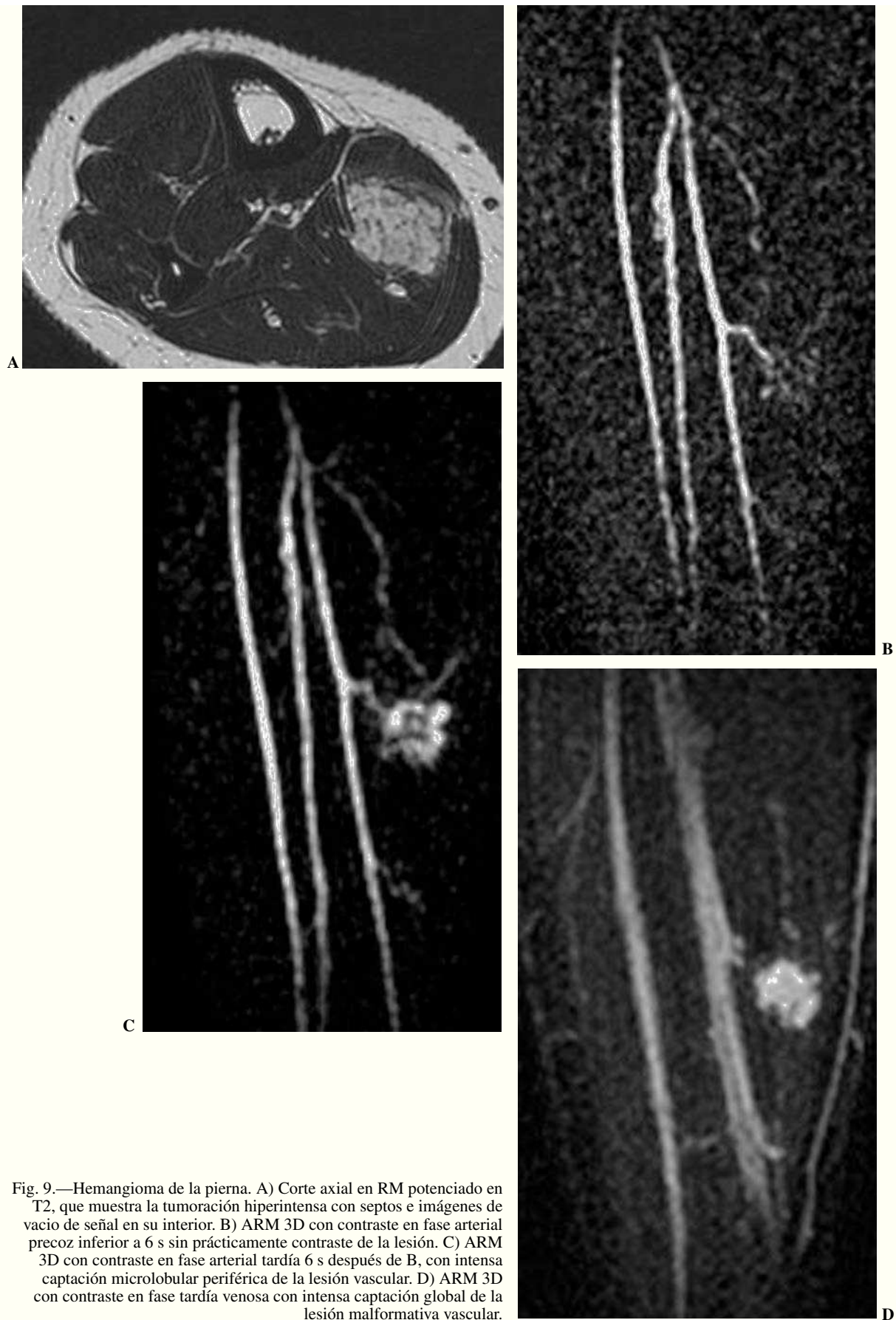


Fig. 9.—Hemangioma de la pierna. A) Corte axial en RM potenciado en T2, que muestra la tumoración hiperintensa con septos e imágenes de vacío de señal en su interior. B) ARM 3D con contraste en fase arterial precoz inferior a 6 s sin prácticamente contraste de la lesión. C) ARM 3D con contraste en fase arterial tardía 6 s después de B, con intensa captación microlobular periférica de la lesión vascular. D) ARM 3D con contraste en fase tardía venosa con intensa captación global de la lesión malformativa vascular.

mas, bien como un hallazgo incidental, bien como una indicación clínica para caracterizar un tumor detectado mediante otras técnicas diagnósticas, o bien para informar de la extensión de la lesión²².

La combinación de los hallazgos con RM convencional y las características con ARM permite caracterizar y catalogar las lesiones vasculares (fig. 9) basándose en los principios patológicos y características de flujo hemodinámico²³. Es fundamental conocer las distintas características con ARM y con RM de estas lesiones para confirmar el diagnóstico de sospecha, determinar la extensión de la anomalía y clasificar apropiadamente y documentar otras malformaciones relacionadas (fig. 10).

Tumores

La angiografía convencional se ha utilizado en la valoración preoperatoria de los tumores óseos y de tejido blando para dibujar la anatomía vascular alrededor del tumor y para visualizar la neovascularización tumoral y la presencia de invasión vascular ocasionada por el tumor²⁴. Esta información es importante para determinar si puede salvarse el miembro, y también para determinar la necesidad de embolización preoperatoria en tumores altamente vascularizados. Estudios previos han demostrado que la

ARM discrimina adecuadamente la anatomía vascular en el origen tumoral de las neoplasias osteomusculares y también muestra la relación entre el tumor y su riego sanguíneo²⁵. Las nuevas técnicas de ARM con contraste permiten visualizar la relación entre los vasos y el tumor. Además, la RM y la ARM representan un papel muy importante en la valoración de la distorsión vascular que puede ocasionar tumores tanto por infiltración como por desplazamiento (fig. 11).

Por otra parte, existe la posibilidad de realizar un estudio dinámico de ARM con contraste para detectar el tumor viable en tumores malignos. Las zonas necróticas, musculares, vasculares y el tumor viable muestran curvas distintas de intensidad-tiempo en el intervalo dinámico, que son de utilidad para valorar la res-



Fig. 10.—Síndrome de Klippel-Trénaunay-Parkes-Weber. ARM 3D con contraste, que muestra la malformación arteriovenosa (flecha corta) de la pierna izquierda junto a un drenaje persistente de la vena ciática (flecha larga).

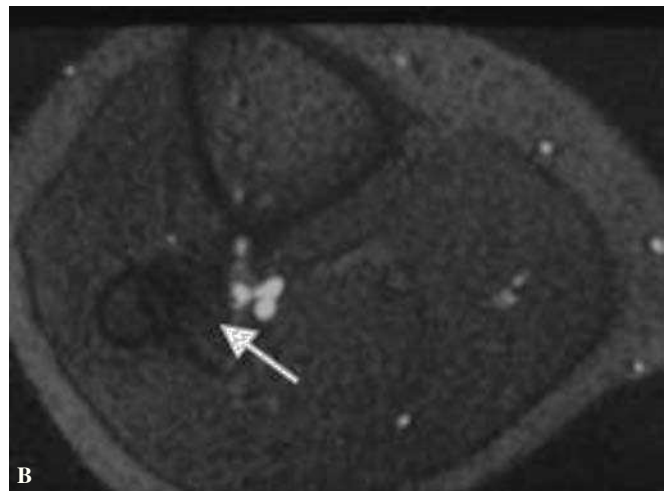


Fig. 11.—Osteocondroma de la tibia. A) Corte coronal en RM potenciado en T1, que muestra un osteocondroma pediculado de la tibia. B) ARM TOF en corte axial, que muestra la relación del paquete vascular con la tumoración ósea (flecha).

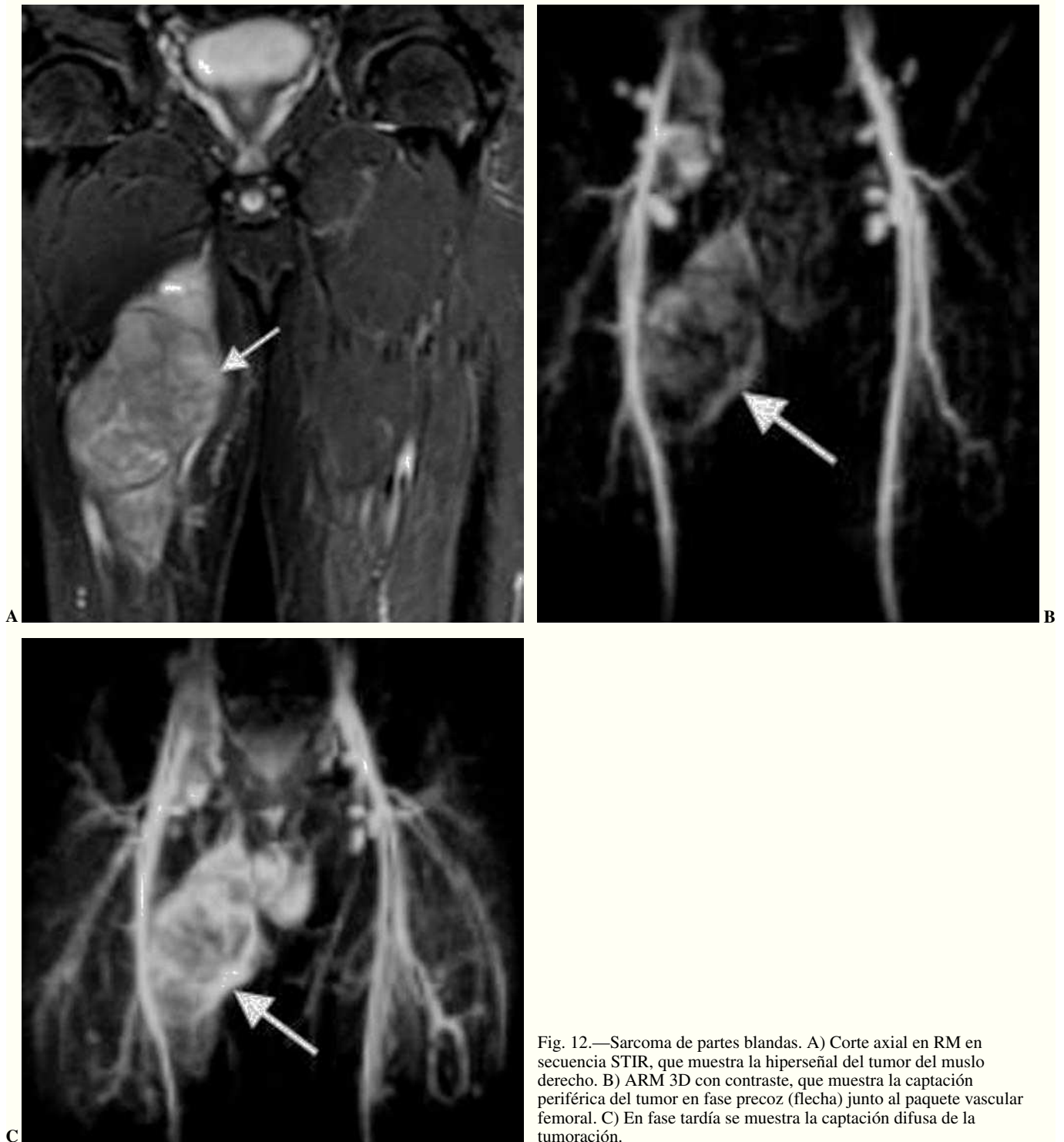
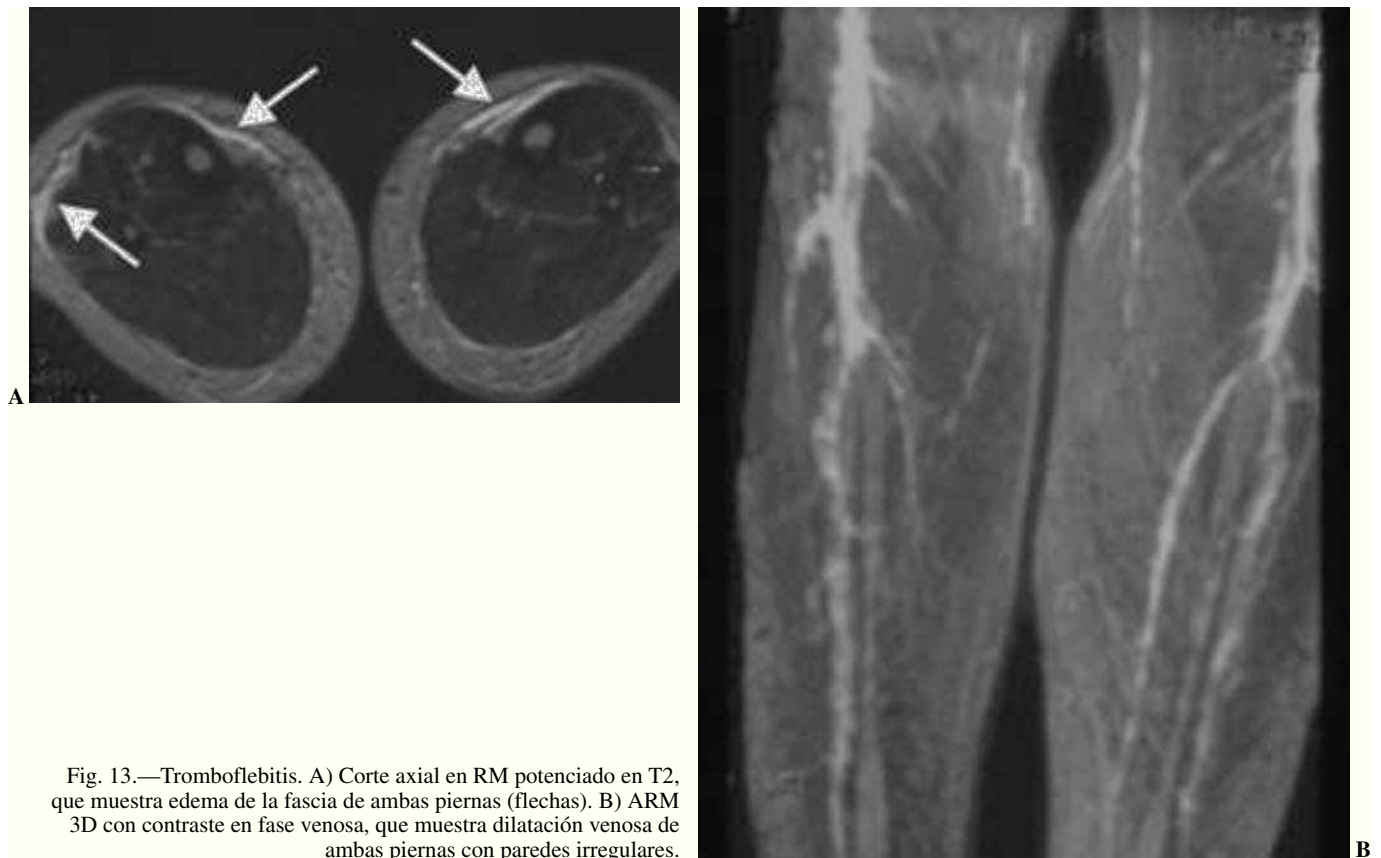


Fig. 12.—Sarcoma de partes blandas. A) Corte axial en RM en secuencia STIR, que muestra la hiperseñal del tumor del muslo derecho. B) ARM 3D con contraste, que muestra la captación periférica del tumor en fase precoz (flecha) junto al paquete vascular femoral. C) En fase tardía se muestra la captación difusa de la tumoración.

puesta del tumor en tratamientos con quimioterapia^{26,27}. Las secuencias de adquisición rápida utilizadas en estos estudios dinámicos proporcionan más información referente a la captación vascular que la proporcionada por los estudios estáticos con gadolinio (fig. 12). Esta técnica también es útil para distinguir las zonas de edema reactivo alrededor del tumor, que sólo se realzan en imágenes retardadas, de las zonas del tumor viable, las cuales demuestran realce precoz dinámico²⁸.

Trombosis

La trombosis es el hallazgo más frecuente de entre todas las lesiones venosas. Afecta predominantemente a las extremidades inferiores e incluso puede extenderse a la vena cava, aunque también puede afectar a las extremidades superiores. Las etiologías más comunes son la inmovilización, la compresión, la postraumática y la inflamatoria. Existen determinados medicamentos en me-



dicina deportiva, como los esteroides anabolizantes, que pueden originar una trombosis profunda y tener un comienzo clínico más insidioso²⁹. Por consiguiente, una historia clínica relevante y detallada es muy importante para proporcionar un tratamiento precoz.

La ARM TOF 2D es la técnica que se ha utilizado desde hace tiempo para la valoración del sistema venoso profundo. De todas formas, la duración del tiempo de adquisición junto con la incapacidad de mostrar con fiabilidad las venas profundas pequeñas y las superficiales en la pantorrilla hacen que esta técnica tenga una repercusión clínica limitada³⁰. La introducción de la ARM con contraste ha cambiado las estrategias de evaluación diagnóstica, especialmente del sistema arterial. El problema radica en las imágenes obtenidas con venografía por RM porque requieren posprocesamiento para intentar omitir la señal arterial. Se pueden utilizar distintas técnicas de ARM con contraste para mejorar la venografía por RM^{31,32}, por ejemplo, la inyección de una vena periférica y la obtención de volúmenes de imágenes seriadas con posterior sustracción de la serie de fase venosa de la fase arterial para obtener un angiograma venoso más selectivo (fig. 13); o la venografía por RM 3D directa con contraste basada en la inyección directa de contraste paramagnético en una vena del dorso del pie o de la mano para visualizar mediante la imagen la extremidad superior o la inferior.

BIBLIOGRAFÍA

- Lauenstein TC, Freudenber LS, Goehde SC, et al. Wholebody MRI using a rolling table platform for the detection of bone metastases. *Eur Radiol* 2002;12:2091-9.
- Joarder R, Gedroye W. Magnetic resonance angiography: the sate of art. *Eur Radiol* 2001;11:446-53.
- Yucel EK, Kaufman JA, Geller SC, Watman AC. Atherosclerotic occlusive disease of the lower extremity: a prospective evaluation with two-dimensional time-of-flight MR angiography. *Radiology* 1993;187:637-41.
- Brillet G, Dubois M, Beaufils H, et al. Renal tolerance of gadolinium-DTPA in rats. *Invest Radiol* 1994;29:352-4.
- Connell DA, Koulouris G, Thorn DA, Potter HG. Contrast-enhanced MR angiography of the hand. *Radiographics* 2002;22:583-99.
- Dymarkowski S, Bosmans H, Marchal G, Bogaert J. Three-dimensional MR angiography in the evaluation of thoracic outlet syndrome. *AJR Am J Roentgenol* 1999;173:1005-8.
- Esposito MD, Arington JA, Blackshear MN, Murtagh FR, Silbiger M. Thoracic outlet syndrome in a throwing athlete diagnosed with MRI and MRA. *J Magn Reson Imaging* 1997;7:598-9.
- Conn J Jr, Bergan JJ, Bell JL. Hypothenar hammer syndrome: post-traumatic digital ischemia. *Surgery* 1970;68:1122-8.
- Prince MR. Gadolinium-enhanced MR aortography. *Radiology* 1994;191:155-64.
- Winterer JT, Ghanem N, Roth M. Diagnosis of the hypothenar hammer syndrome by high-resolution contrast-enhance MR angiography. *Eur Radiol* 2002;12:2457-62.
- Abraham P, Chevalier JM, Leftheriotis G, Saumet JL. Lower extremity arterial disease in sports. *Am J Sports Med* 1997;25:581-4.
- Raspoli P, Moniaci D, Zan S, et al. Cystic adventitial disease of the popliteal artery. *J Cardiovasc Surg* 2003;44:244-8.
- Rich NM, Collins GJ, McDonald PT, et al. Popliteal vascular entrapment syndrome. *Arch Surg* 1989;101:771-5.
- Atilla S, Ilgut ET, Akpek S, Yücel C, Turgut Tah E, Isik S. MR imaging and MR angiography in popliteal artery entrapment syndrome. *Eur Radiol* 1998;8:1025-9.

15. Provenzale JM, Barboriak DP, Taveras JM. Exercise-related dissection of craniocervical arteries: CT, MR and angiographic findings. *J Comput Assist Tomogr* 1995;19:268-76.
16. Shin JH, Suh DC, Choi CG, Lee HK. Vertebral artery dissection: spectrum of imaging findings with emphasis on angiography and correlation with clinical presentation. *Radiographics* 2000;20:1687-96.
17. Donnelly LF, Adams DM, Bisset GS III. Vascular malformations and hemangiomas. *AJR Am J Roentgenol* 2000;174:597-608.
18. Meyer JS, Hoffer FA, Barnes PD, Mulliken JB. Biological classification of soft-tissue vascular anomalies: MR correlation. *AJR Am J Roentgenol* 1991;157:559-64.
19. Ramon F. Tumors and tumorlike lesions of blood vessels. En: De Schepper, editor. *Imaging of soft tissue tumors*. 2nd ed. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2001; p. 225-44.
20. Van Rijswijk CSP, Van der Linden E, Van der Woude H, Van Baalen JM, Bloem JL. Value of dynamic contrast-enhanced MR imaging in diagnosis and classifying peripheral vascular malformations. *AJR Am J Roentgenol* 2002;178:1181-7.
21. Herborn CU, Goyen M, Lauenstein TC, Debatin JF, Ruehm SG, Kröger K. Comprehensive time-resolved MRI of peripheral vascular malformations. *AJR Am J Roentgenol* 2003;181:729-35.
22. Vilanova JC, Barceló J, Smirniotopoulos JG, et al. Hemangioma from head to toe: MR imaging with pathologic correlation. *Radiographics* 2004;24:367-85.
23. Vilanova JC, Barceló J, Villalón M. MR and MR angiography characterization of soft tissue vascular malformations. *Curr Probl Diagn Radiol* 2004;33:161-70.
24. Swan JS, Grist TM, Sproat IA, et al. Musculoskeletal neoplasms: preoperative evaluation with MR angiography. *Radiology* 1995;194:519-24.
25. Swan JS, Weber DM, Korosec FR, et al. Combined MRI and MRA for limb salvage planning. *J Comput Assist Tomogr* 1993;17:339-42.
26. Dyke JP, Panicek DM, Healey JH, et al. Osteogenic and Ewing sarcomas: estimation of necrotic fraction during induction chemotherapy with dynamic contrast-enhanced MR imaging. *Radiology* 2003;228:271-8.
27. Van Rijswijk CSP, Geirnaerdt MJA, Hogendoorn PCW, et al. Dynamic contrast-enhanced MR imaging in monitoring response to isolated limb perfusion in high-grade soft tissue sarcoma: initial results. *Eur Radiol* 2003;13:1849-58.
28. Shapeero LG, Vanel D. Imaging evaluation of the response of high-grade osteosarcoma and Ewing sarcoma to chemotherapy with emphasis on dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Semin Musculoskeletal Radiol* 2000;4:137-46.
29. Ferenchick GS, Hirokawa S, Mammen EF, Schwartz KA. Anabolic-androgenic steroid abuse in weight lifters: evidence for activation of the hemostatic system. *Am J Hematol* 1995;49:282-8.
30. Holtz DJ, Debatin JF, McKinnon GC, et al. MR venography of the calf: value of flow-enhanced time of flight echoplanar imaging. *AJR Am J Roentgenol* 1996;166:663-8.
31. Fraser DGW, Moody AR, Davidson IR, Martel AL, Morgan PS. Deep venous thrombosis: diagnosis by using venous enhanced subtracted peak arterial MR venography versus conventional venography. *Radiology* 2003;226:812-20.
32. Ruehm SG, Zimmy K, Debatin JF. Direct contrast-enhanced 3D MR venography. *Eur Radiol* 2001;11:102-12.