
Estudios de imagen en el diagnóstico de los hemangiomas y malformaciones vasculares

Imaging studies in the diagnosis of haemangiomas and vascular malformations

A. Martínez de la Cuesta

RESUMEN

El diagnóstico de los hemangiomas y malformaciones vasculares cutáneas se basa en la historia clínica y la exploración física. Los estudios de imagen pueden ser necesarios para esclarecer y confirmar el diagnóstico, y para analizar la extensión de las lesiones al permitir evaluar el componente no visible de las mismas así como la afectación de estructuras vecinas. Por último, también juegan un papel importante a la hora de planificar y dirigir el tratamiento, bien sea quirúrgico o endovascular. Las técnicas de imagen empleadas para los hemangiomas y malformaciones vasculares incluyen: la radiología simple, la ecografía (Doppler), la tomografía computarizada (angio TC), la resonancia magnética (angio RM), y la técnicas angiográficas (arteriografía, flebografía).

Palabras clave. Hemangioma. Malformación vascular. Diagnóstico.

ABSTRACT

The diagnosis of haemangiomas and cutaneous vascular malformations is based on clinical history and physical exploration. Imaging studies might be necessary to clarify and confirm the diagnosis, and in order to analyse the extent of the lesions by permitting an evaluation of their non-visible component as well as the affection of neighbouring structures. Finally, they also play an important role when it comes to planning and directing treatment, whether surgical or endovascular. The imaging techniques employed for haemangiomas and vascular malformations include: plain films ultrasound (Doppler), computerised tomography (Angio-CT), magnetic resonance (Angio-MR) and the angiographic techniques (arteriography, phlebography).

Key words. Haemangioma. Vascular malformation. Diagnosis.

An. Sist. Sanit. Navar. 2004; 27 (Supl. 1): 71-80.

Área de Hemangiomas y Malformaciones Vasculares. Servicio de Radiología. Clínica Universitaria. Universidad de Navarra. Pamplona.

Correspondencia:

Antonio Martínez de la Cuesta
Servicio de Radiología
Clínica Universitaria
Avda Pio XII, 36
31008 Pamplona
Tfno. 948 255400 (Ext. 3028/3030)
Fax: 948 296500
E-mail: amartinc@unav.es

INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores problemas en relación con el diagnóstico de los hemangiomas y malformaciones vasculares deriva de la gran confusión existente respecto a la terminología utilizada para describir estas anomalías vasculares. No es infrecuente, por ejemplo, la utilización del término genérico "hemangioma" o "angioma" para describir lesiones con causas y evolución diferentes. Esta imprecisión se ve además acentuada por el hecho de que son varias las disciplinas médicas que se ven involucradas en el diagnóstico y tratamiento de esta patología. Se hace necesario, por tanto, contar con una clasificación que unifique criterios morfológicos, clínicos y etiopatogénicos y, que además, sea universal para utilizar un lenguaje común que resulte en una utilidad terapéutica.

El trabajo de Mulliken y Glowacki¹, a comienzos de la década de los ochenta, supuso, sin lugar a dudas, un gran paso adelante. Desde entonces, contamos con una clasificación de gran valor práctico, que nos permite no sólo denominarlas con una terminología común a todas las especialidades médicas, sino que también facilita poder realizar un pronóstico y decidir en consecuencia la conducta terapéutica a seguir.

Entre las diversas técnicas de imagen utilizadas para el diagnóstico de las anomalías vasculares se incluyen la radiografía simple, la ecografía y el Doppler, la tomografía axial computarizada (TC), la resonancia magnética (RM) así como la arteriografía y flebografía.

TÉCNICAS DE IMAGEN

Los estudios mediante técnicas de imagen en los hemangiomas y malformaciones vasculares, encuentran su indicación en aquellos casos en los que existan dudas sobre la naturaleza de la lesión, siendo útiles para esclarecer y confirmar el diagnóstico. Adicionalmente, van a permitir analizar la extensión de las lesiones y evaluar el componente no visible de las mismas. Por último, en algunas situaciones, no sólo van a guiar la conducta terapéutica a seguir, sino que además van a formar parte inte-

gral del tratamiento mediante el uso de agentes embolizantes y esclerosantes.

Radiografía simple

La radiografía simple se ha visto hoy en día ampliamente superada por otras técnicas de imagen, revistiendo un interés que podríamos calificar de puramente histórico. No sólo se basa en la utilización de radiaciones ionizantes sino que además, apenas proporciona datos anatómicos con respecto a la localización y extensión de las lesiones, sin aportar información alguna desde el punto de vista hemodinámico. Su valor es limitado incluso para la valoración del grado de afectación ósea y la presencia de calcificaciones, siendo la tomografía computarizada notablemente más sensible en este aspecto, proporcionando una información anatómica mucho más exacta.

Las radiografías simples^{2,3} van a mostrar a los hemangiomas y malformaciones vasculares como masas de densidad igual o similar a los tejidos blandos. Ocasionalmente también serán visibles cambios reactivos en las estructuras óseas adyacentes y efecto masa sobre las estructuras vecinas. La presencia de flebolitos es frecuente en el caso de las malformaciones venosas y no tanto en el caso de los hemangiomas. En el caso de las malformaciones linfáticas, aunque está descrita la presencia de calcificaciones, es extremadamente rara.

Las malformaciones arteriovenosas como tal, no son visibles en las radiografías simples, pero sí sus efectos sobre las estructuras óseas adyacentes (crecimiento asimétrico, lesiones líticas, etc.)⁴.

Ecografía

La ecografía presenta como gran ventaja el obtener no sólo información anatómica, sino también proporcionar, mediante la utilización del Doppler, datos hemodinámicos tales como la velocidad y dirección del flujo, de gran utilidad tanto en las malformaciones de alto flujo (arteriovenosas) como en las de bajo flujo (venosas)^{5,7}. Se trata de una técnica no invasiva, inocua al no hacer uso de las radiaciones ionizantes, ampliamente accesible y económica, por

lo que resulta particularmente adecuada su aplicación en el seguimiento de estas lesiones. La ecografía resulta especialmente eficaz en niños al no requerir de excesiva cooperación por parte del paciente, por lo que (al contrario que la RM) no es necesario el uso de sedación para obtener imágenes de calidad diagnóstica.

Sin embargo, una de sus limitaciones consiste en que al ser una técnica que resulta operador dependiente, es difícil conseguir una reproducibilidad de los hallazgos. Esto se ve agravado por el hecho de que no proporciona una buena diferenciación tisular, por lo que la información anatómica en cierta forma es limitada. En concreto, los ultrasonidos al ser reflejados por el hueso y el gas, no permiten el estudio de la afectación ósea, así como tampoco el de aquellas estructuras anatómicas que carecen de una ventana acústica al encontrarse rodeadas o en la profundidad de las vías aéreas o asas intestinales. Igualmente posee una capacidad limitada para evaluar lesiones de gran tamaño.

Los estudios ecográficos, en el caso de los hemangiomas, suelen mostrar una masa heterogénea, de bordes bien definidos, con señales de flujo tanto venoso como arterial en el estudio de Doppler, siendo a veces difícil establecer la distinción durante su fase de proliferación con

respecto a las malformaciones arteriovenosas de pequeño tamaño. La ecografía resulta de gran utilidad a la hora de evaluar la respuesta al tratamiento.

En el caso de las malformaciones venosas la ecografía es de gran utilidad a la hora de establecer la distinción entre estas y otro tipo de lesiones de naturaleza avascular (linfáticas) o con componente arterial (arteriovenosas). Las malformaciones venosas se muestran hipoeoicas con un aspecto parecido al de los quistes, si bien mediante la utilización del Doppler, el flujo venoso se tornará evidente sobre todo tras la realización de maniobras de compresión, a diferencia de las anteriores (Fig. 1 A, B, C). Los flebolitos, cuando se encuentran presentes aparecen como una sombra acústica.

La ecografía resulta de gran provecho para guiar la punción de las malformaciones venosas durante los procedimientos de esclerosis permitiendo incluso visualizar la formación de trombos en el interior de las mismas⁸.

En el caso de las malformaciones linfáticas, la ecografía resulta ser la técnica ideal para la valoración de las malformaciones superficiales sin embargo, encuentra limitaciones para analizar aquellas lesiones que se extienden hacia el interior de la caja torácica. Las variedades macroquísticas se presentan como una masa

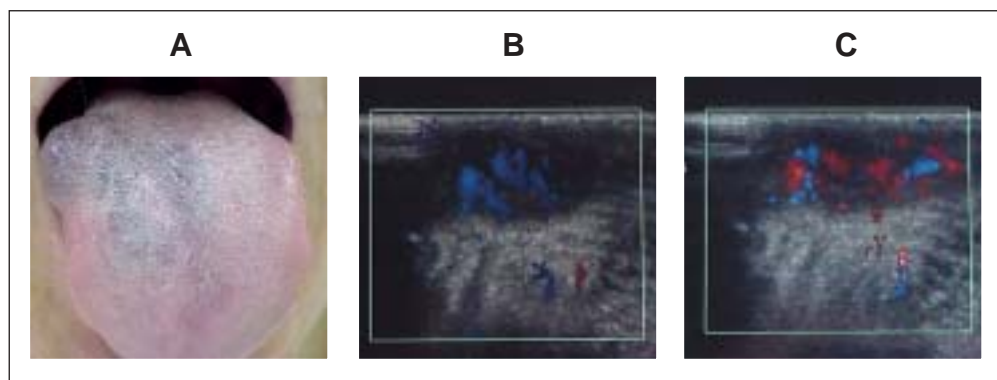


Figura 1. Lesión compresible de color azulado compatible con una malformación venosa (A). En el estudio de ecografía Doppler, aparece en reposo como una imagen hipoeoica sin apenas flujo (B), pero éste se torna evidente tras la realización de maniobras de compresión (C).

hipoecoica o anecoica multiloculada con septos de grosor variable (Fig. 2). En los casos complicados por hemorragia o inflamación puede llegar a observarse la presencia de niveles en las zonas dependientes.

En el caso de las malformaciones arteriovenosas el papel de la ecografía, gracias al Doppler, se limita a confirmar la naturaleza vascular de la lesión que mostrará ondas tanto arteriales como venosas.

Tomografía computarizada

La gran ventaja de la tomografía computarizada (TC) es la excelente demostración que proporciona de las estructuras óseas y calcificaciones. Aunque la definición de los tejidos blandos es claramente superior a la obtenida con la radiografía simple, se puede considerar subóptima en comparación con la ofrecida por los estudios de resonancia magnética.

Entre las desventajas están que se trata de una técnica basada en la utilización de radiaciones ionizantes, con la necesidad casi siempre de usar medios de contraste que no resultan inocuos debido a su nefrotoxicidad y posibles reacciones adversas, que ocasionalmente pueden ser graves. Además, en el caso de los pacientes pediátricos se hace necesario el uso de sedación, ya que la calidad de los estudios se ve marcadamente deteriorada por el movimiento.



Figura 2. Malformación linfática macroquística en el cuello. En la ecografía Doppler se observa una lesión anecoica septada sin flujo.

Aunque la información hemodinámica proporcionada por la TC es muy limitada, hoy en día con la utilización de los nuevos equipos multicorona, que permiten la adquisición de imágenes con gran rapidez, es posible realizar reconstrucciones multiplanares de gran calidad así como estudios de angio TC⁹.

En el caso de los hemangiomas la TC puede resultar útil para evaluar la extensión de las lesiones de mayor tamaño, mostrando también de manera satisfactoria la posible repercusión ósea, si bien la RM resulta de mayor ayuda para valorar los tejidos blandos¹⁰. Los hemangiomas aparecen como masas con valores de atenuación similares a los tejidos blandos circundantes. Dependiendo del estadio evolutivo del tumor la captación de contraste será más o menos intensa.

Al igual que con los hemangiomas, en el caso de las malformaciones venosas¹¹, la TC puede mostrar la presencia de calcificaciones en relación con flebolitos y alteraciones en las estructuras óseas contiguas. A pesar de la administración de contraste intravenoso, mediante esta técnica de imagen puede resultar difícil delimitar la lesión con respecto a los planos musculares adyacentes.

Las malformaciones linfáticas aparecen como lesiones quísticas rellenas de un líquido homogéneo con un valor de atenuación similar al del agua, aunque en las lesiones con contenido líquido rico en linfa, la atenuación es más parecida a la de la grasa. Los casos complicados por una infección pueden tener una densidad más heterogénea. Con frecuencia, las paredes de los quistes muestran cierto grado de realce tras la administración de contraste intravenoso¹².

La TC también es capaz de mostrar las anomalías óseas en relación con las malformaciones arteriovenosas^{13,14}, pero sin embargo no aporta información específica al no ser capaz de mostrar con detalle las estructuras vasculares en relación con los tejidos adyacentes.

Resonancia magnética

En el estudio de los hemangiomas y malformaciones vasculares la resonancia

magnética (RM) posee sin lugar a dudas grandes ventajas con respecto a las demás técnicas de imagen previamente descritas. Al igual que la ecografía, no utiliza radiaciones ionizantes, por lo que resulta también de gran utilidad no solo a la hora de efectuar el diagnóstico sino también para realizar controles evolutivos o post-tratamiento. Los compuestos de gadolinio utilizados como medio de contraste para esta técnica son tremendamente seguros, careciendo en general de efectos adversos importantes, en contraposición a los medios de contraste yodados que se utilizan en los procedimientos que hacen uso de las radiaciones ionizantes. La RM, proporciona una excelente diferenciación tisular que, junto a la capacidad de obtener imágenes en múltiples planos espaciales, la convierte en la mejor exploración radiológica para demostrar las relaciones anatómicas y estudiar los tejidos circundantes en contacto con las malformaciones vasculares y los hemangiomas. Además de proporcionar información anatómica, también es capaz de aportar datos hemodinámicos. Debido al fenómeno en el que se basa la técnica de RM, la presencia de flujo veloz o turbulento va a condicionar una disminución en la intensidad de la señal, mientras que en aquellos casos en los que exista flujo lento o trombosis la intensidad aumentará. Además, mediante la utilización de medio de contraste y secuencias especialmente diseñadas, es posible la realización de estudios angiográficos^{15,16}.

La limitación más importante de la RM es que requiere de una plena colaboración por parte del paciente, siendo necesario utilizar sedación en pacientes claustrofóbicos y en la población pediátrica. La utilización de equipos abiertos puede aminorar este inconveniente, aunque por regla general éstos suelen ser de menor campo, lo cual puede limitar la calidad de la imagen y la rapidez del estudio en aquellos casos en los que deban realizarse múltiples secuencias de adquisición. Otra desventaja es el coste de los estudios de resonancia así como la disponibilidad de equipos adecuados, aunque con el paso del tiempo esta limitación se ha ido aminorando.

En los estudios de RM^{17,18}, el componente sólido de los hemangiomas, muestra

una intensidad de señal intermedia en las secuencias en T1, tornándose hiperintenso en las secuencias en T2. Tras la administración de gadolinio se observa un marcado realce que, mediante la utilización de técnicas de supresión grasa, nos va a permitir delinear mejor la lesión. Durante la fase proliferativa, pueden observarse zonas de ausencia de señal en relación con la presencia de flujo en el interior de los vasos que nutren el hemangioma, que son claramente visibles al mostrar una alta intensidad de señal en las secuencias de gradiente de eco.

Durante la fase de involución pueden apreciarse zonas de aumento de señal en T1 debidas a la presencia de tejido graso. Asimismo los fenómenos de flujo disminuyen llegando a desaparecer.

La RM es la técnica de elección para la valoración inicial de las malformaciones venosas, ya que permite delimitar la extensión completa de la lesión en diversos planos anatómicos de manera no invasiva^{17,18} (Fig. 3). En las secuencias en T1 presentan una señal menor a la de la grasa adyacente, mientras que en T2 (Fig. 3A), sucede lo contrario. Las técnicas de saturación grasa (Fig. 3B), al suprimir la señal de ésta, permiten una mejor visualización de la extensión de la malformación. Los lagos venosos muestran una intensidad de señal alta y homogénea en las secuencias en T2, mientras que los flebolitos carecen de señal en todas las secuencias. En las secuencias angiográficas los espacios venosos no llegan a alcanzar la intensidad de señal de los vasos adyacentes donde existe flujo sanguíneo a mayor velocidad. Tras la administración de gadolinio el realce es muy variable pudiendo ser tanto homogéneo como heterogéneo (Fig. 3C y D). La RM es útil también para valorar la respuesta al tratamiento mediante escleroterapia al permitir la diferenciación entre las zonas permeables y las regiones trombadas.

En el caso de las malformaciones linfáticas, la RM tiene como ventaja sobre la TC la capacidad de realzar el contraste entre la lesión y los tejidos vecinos, permitiendo así una mejor delineación anatómica^{17,18}. En las secuencias en T1 la intensidad de señal

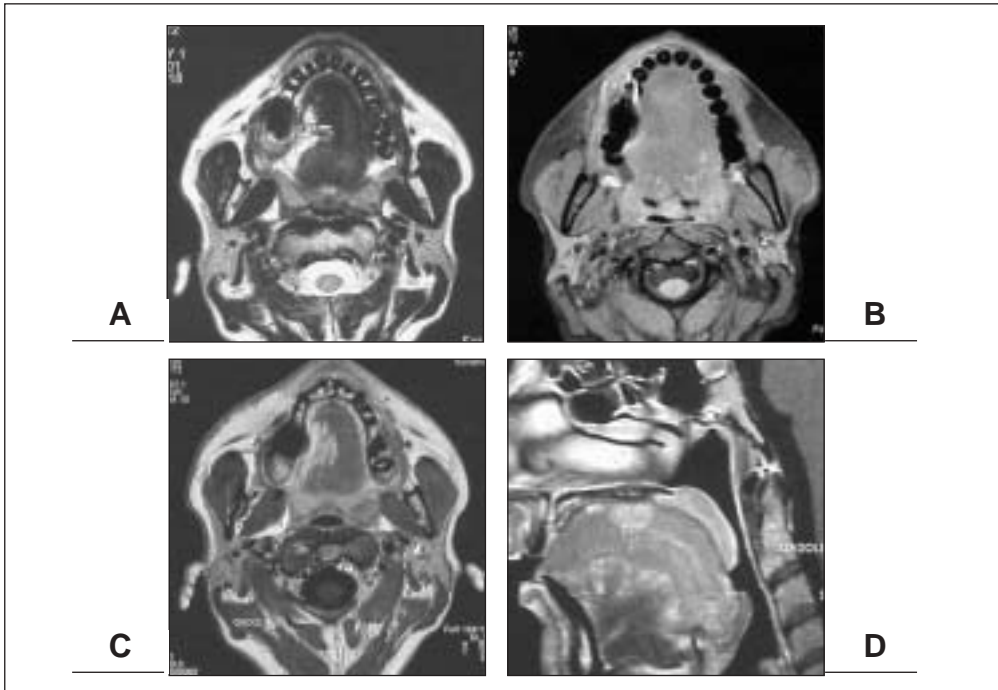


Figura 3. Estudio de RM correspondiente a la malformación venosa mostrada en la imagen A. La imagen A muestra un corte axial potenciado en T2 de la malformación en hemilengua derecha. Se observa la presencia de un artefacto con vacío de señal debido a material ferromagnético en los molares. La imagen B corresponde a un corte axial en T1 con saturación grasa. En este caso, al ser la lengua un órgano muscular y no existir tejido grasa rodeando la lesión es difícil su delimitación. Tras la administración de gadolinio por vía intravenosa se observa un marcado realce de la malformación en las imágenes obtenidas en los planos axial (C) y sagital (D). La capacidad multiplanar de la RM permite establecer los límites de la lesión con gran exactitud respecto a las estructuras anatómicas adyacentes.

es similar o ligeramente inferior a la del músculo (Fig. 4A y B), mientras que en las secuencias en T2 (Fig. 4C) aparece un marcado incremento de la señal, siendo incluso mayor que la de la grasa o el músculo adyacente. En ocasiones, tanto si el contenido graso de la lesión es alto como si las lesiones son complicadas, la señal en T1 aumentará tornándose similar a la de la grasa, mientras que en T2 pueden observarse zonas de baja intensidad de señal en relación con focos de hemorragia. No se observa captación de contraste salvo en los componentes microquísticos o en el caso de las malformaciones complejas del tipo linfático-venoso.

Las malformaciones arteriovenosas, a diferencia del resto, carecen de un compo-

nente sólido. Los estudios de RM revelan característicamente la presencia de vasos con alto flujo que se muestran como zonas de morfología serpiginosa con ausencia de señal tanto en las secuencias en T1 como en T2¹⁷. La utilización de secuencias angiográficas permite la detección de las estructuras vasculares e incluso la realización de un mapa angiográfico tridimensional cuando se combinan con las reconstrucciones MIP (*Maximum Intensity Projection*)¹⁹. Sin embargo, en el momento actual la definición proporcionada por esta técnica sigue siendo claramente inferior a la de la angiografía convencional al no proporcionar el mismo grado de información sobre la hemodinámica de la malformación ni los mismos detalles anatómicos respecto a los

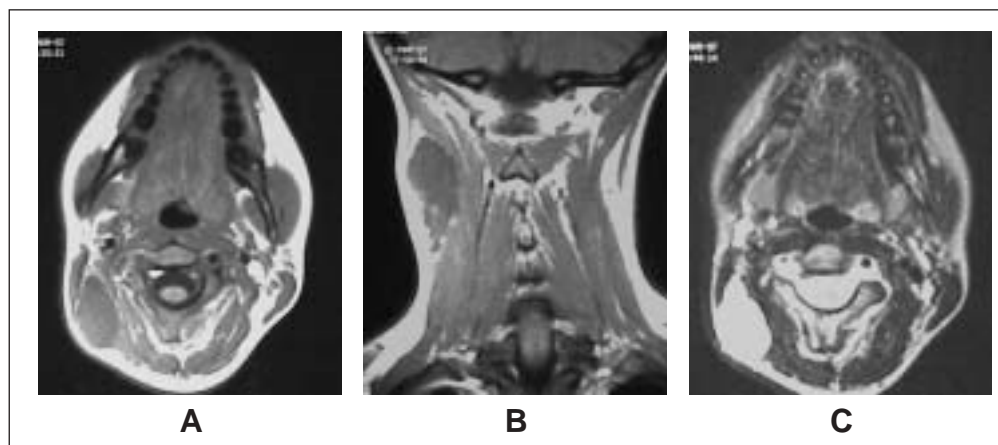


Figura 4. Malformación linfática macroquística en el cuello. Las secuencias potenciadas en T1 en los planos axial (A) y coronal (B) muestran una lesión ovoide e hipointensa respecto al músculo. En la secuencia en T2 con supresión grasa la lesión es homogéneamente hiperintensa (C).

vasos. La RM, sin embargo, resulta de gran valor a la hora de analizar la extensión de la malformación arteriovenosa, así como el grado de invasión de las estructuras anatómicas afectadas.

Flebografía

Esta técnica encuentra su indicación en las malformaciones venosas¹¹. La flebografía mediante punción directa de la lesión, junto con la utilización de torniquetes para redirigir el flujo, va a permitir delimitar anatómicamente la extensión y componentes de la malformación, así como el volumen de los diversos compartimentos venosos. El procedimiento se realiza generalmente como paso previo a la esclerosis de la lesión, ya que además mostrará las rutas de retorno venoso y zonas de comunicación con venas normales que en lo posible conviene preservar (Fig. 5). En este sentido, tanto en malformaciones venosas puras de extremidades como en malformaciones complejas de bajo flujo, tipo síndrome de Klippel-Trenaunay, se ha demostrado en un porcentaje no desdeñable de pacientes una malformación asociada del sistema venoso profundo, que pre-dispone a la hora de planificar los posibles procedimientos terapéuticos.



Figura 5. Flebografía mediante punción directa guiada por ecografía de una malformación venosa en la mano. Se aprecia la presencia de lagos venosos con morfología estriada lo cual indica que la malformación se encuentra en el interior de un músculo. Las venas de drenaje del antebrazo son normales.

Arteriografía

Hoy en día rara vez se encuentra indicada la realización de un estudio angiográfico para el diagnóstico de los hemangiomas.

mas debido a los avances de las técnicas no invasivas. Los hallazgos característicos consisten en un discreto aumento del calibre y tortuosidad de las arterias nutricias. La masa tumoral en sí muestra límites bien definidos con una intensa tinción durante la fase parenquimatosa. Las venas de drenaje son generalmente normales si bien pueden mostrar una mínima dilatación. Durante la fase de involución la tinción tumoral va disminuyendo progresivamente^{20,21}.

En el caso de las malformaciones venosas, la arteriografía no aporta información, ya que tanto las arterias como los capilares son normales^{20,22}. Durante la fase venosa, si acaso, pueden llegar a visualizarse lagos venosos ectásicos (Fig. 6), ocasionalmente con una morfología estriada, la cual indica afectación intramuscular.

Como ya se ha comentado anteriormente, en el caso de las malformaciones arteriovenosas, los estudios de RM resultan insuficientes para definir con precisión las aferencias, eferencias, nidus, patrones y velocidades de flujo.

A pesar de los avances en RM, la angiografía permanece como técnica de elección para valorar la angio-arquitectura de la lesión, siendo este análisis requisito pre-

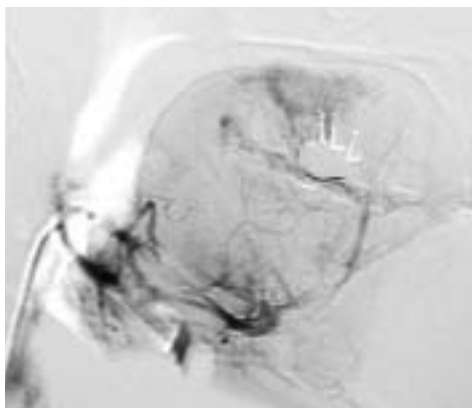


Figura 6. Imagen obtenida durante la fase de retorno venoso tras la inyección de contraste en arteria lingual, correspondiente a la malformación venosa mostrada en la figura 1. Se observa la presencia de lagos vasculares ectásicos.

vio siempre que se contemple el tratamiento mediante embolización (Fig. 7).

La utilización de CO₂ como medio de contraste puede resultar útil ya que debido a sus propiedades físicas puede incluso aportar información adicional²³.

INDICACIONES

Tras lo anteriormente expuesto, y desde un punto de vista práctico, conviene clarificar de alguna manera las indicaciones para cada técnica de imagen disponible, en función del tipo de lesión y del objetivo del estudio (diagnóstico, seguimiento o planificación del tratamiento).

- En el caso de los hemangiomas tanto la ecografía como la RM se pueden considerar las técnicas de elección para confirmar el diagnóstico y realizar controles evolutivos en aquellos pacientes sujetos a tratamiento médico. La RM también encuentra su indicación en aquellos casos en los que se plantee la resección quirúrgica, mientras que la arteriografía está indicada exclusivamente en aquellos casos excepcionales que vayan a ser tratados con técnicas de embolización bien de forma paliativa o pre-quirúrgica.

- El diagnóstico y seguimiento de las malformaciones venosas puede realizarse con ecografía y RM en función de la extensión y localización. La flebografía puede ser útil en aquellas malformaciones localizadas en las extremidades cuando sea necesario valorar la permeabilidad del drenaje venoso a ese nivel. La flebografía mediante punción directa encuentra su indicación para la realización de tratamientos con agentes esclerosantes bien en forma líquida o en microespuma, siendo también eficaz en este último caso la ecografía para dirigir la punción de zonas no visibles.

- En el caso de las malformaciones linfáticas, tanto la ecografía como la RM son útiles para el diagnóstico, seguimiento y planificación del tratamiento.

- Respecto a las malformaciones arteriovenosas, el diagnóstico y seguimiento puede efectuarse con ecografía y RM, viéndose estas técnicas mejoradas con la utilización del Doppler y las secuencias angio-

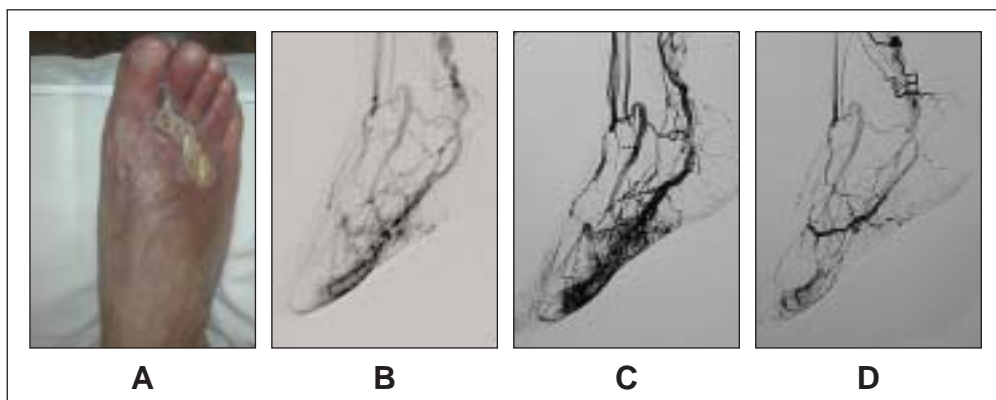


Figura 7. Malformación arteriovenosa en el pie que resulta en severa isquemia distal y ulceración (A). La arteriografía permite la obtención de imágenes durante las fases precoz (B) y tardía (C), proporcionando no sólo información anatómica sino también hemodinámica tal como velocidad de flujo y las distintas aferencias arteriales hacia el nidus y eferencias venosas desde el mismo. Todo esto permite planificar y llevar a cabo el tratamiento bien definitivo o prequirúrgico mediante embolización supraselectiva (D).

gráficas de la RM. La RM resulta también de gran utilidad cuando se plantea el tratamiento quirúrgico al mostrar no sólo la malformación en sí, sino también su localización y relación con respecto a otros tejidos. La angiografía, sin embargo, permanece como la técnica de elección para la valoración de este tipo de lesiones, no siendo superada la información que aporta por ninguna de las otras. Además, resulta indispensable para planificar y dirigir el tratamiento mediante embolización.

Finalmente, y a modo de miscelánea, está indicada la realización de pruebas de imagen en el estudio de algunas anomalías vasculares para descartar o confirmar la presencia de malformaciones asociadas.

- RM de la columna vertebral en aquellos hemangiomas o malformaciones vasculares presentes en la línea media de la espalda, especialmente en la región lumbosacra, para detectar defectos del cierre del tubo neural a distintos niveles.
- Ecografía hepática ante la presencia de hemangiomas múltiples cutáneos, con el objeto de descartar una hemangiomatosis hepática.
- RM cerebral en las malformaciones venulares (manchas en vino de Opor-

to) faciales, que afecten a V_1 - V_2 , V_1 - V_2 - V_3 con sospecha de síndrome de Sturge-Weber, para valorar una posible afectación neurológica.

- RM cerebral en los hemangiomas faciales extensos sugestivos de posible síndrome PHACE.
- Radiografía simple o topograma mediante escáner en pacientes con malformaciones vasculares venosas o combinadas extensas de las extremidades (tipo síndrome de Klippel-Trenaunay) para estudiar las posibles dismetrías y áreas de descalcificación.

BIBLIOGRAFÍA

1. MULLIKEN JB, GLOWACKI J. Hemangiomas and vascular malformations in infants and children: a classification based on endothelial characteristics. *Plast Reconstr Surg* 1982; 69: 412-420.
2. BURROWS PE, MULLIKEN JB, FELLOWS KE, STRAND RD. Childhood hemangiomas and vascular malformations: angiographic differentiation. *Am J Roentgenol* 1983; 141: 483-488.
3. BLIZNAK J, STAPLE TW. Radiology of angiodysplasias of the limb. *Radiology* 1974; 110: 35-44.
4. DESPREZ JD, KIEHN CL, VLASTOU C, BONSTELLE C. Congenital arteriovenous malformation of

- the head and neck. *Am J Surg* 1978; 136: 424-429.
5. YOSHIDA H, YUSA H, UENO E. Use of Doppler color flow imaging for differential diagnosis of vascular malformations: a preliminary report. *J Oral Maxillofac Surg* 1995; 53: 369-374.
 6. YANG WT, AHUJA A, METREWELI C. Sonographic features of head and neck hemangiomas and vascular malformations: review of 23 patients. *J Ultrasound Med* 1997; 16: 39-44.
 7. SHETH S, NUSSBAUM AR, HUTCHINS GM, SANDERS RC. Cystic hygromas in children: sonographic-pathologic correlation. *Radiology* 1987; 162: 821-824.
 8. YAKES WF, LUETHKE JM, PARKER SH, STAVROS AT, RAK KM, HOPPER KD et al. Ethanol embolization of vascular malformations. *Radiographics* 1990; 10: 787-796.
 9. FOLEY WD, KARCAALINCABA M. Computed tomography angiography: principles and clinical applications. *J Comput Assist Tomogr* 2003; 27 Suppl 1: S23-30.
 10. LEVINE E, WETZEL LH, NEFF JR. MR imaging and CT of extrahepatic cavernous hemangiomas. *Am J Roentgenol* 1986; 147: 1299-1304.
 11. DUBOIS J, SOULEZ G, OLIVA VL, BERTHIAUME MJ, LAPIERRE C, THERASSE E. Soft-tissue venous malformations in adult patients: imaging and therapeutic issues. *Radiographics* 2001; 21: 1519-1531.
 12. DAVIDSON AJ, HARTMAN DS. Lymphangioma of the retroperitoneum: CT and sonographic characteristic. *Radiology* 1990; 175: 507-510.
 13. FAN X, QIU W, ZHANG Z, MAO Q. Comparative study of clinical manifestation, plain-film radiography, and computed tomographic scan in arteriovenous malformations of the jaws. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002; 94: 503-509.
 14. REMONDA L, SCHRÖTH G, OZDOBA C, LOVLAD K, LADRACH K, HUBER P. Facial intraosseous arteriovenous malformations: CT and MR features. *J Comput Assist Tomogr* 1995; 19: 277-281.
 15. HERBORN CU, GOYEN M, LAUENSTEIN TC, DEBATIN JF, RUEHM SG, KROGER K. Comprehensive time-resolved MRI of peripheral vascular malformations. *Am J Roentgenol* 2003; 181: 729-735.
 16. CASEIRO-ALVES F, GIL-AGOSTINHO P, RAMALHEIRO G, GIL-AGOSTINHO P. Contrast-enhanced MR angiography of thoracic vascular malformations in a pediatric population. *Am J Roentgenol* 2003; 181: 861-866.
 17. KONEZ O, BURROWS PE. Magnetic resonance of vascular anomalies. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2002; 10: 363-388.
 18. KERN S, NIEMEYER C, DARGE K, MERZ C, LAUBENBERGER J, UHL M. Differentiation of vascular birthmarks by MR imaging. An investigation of hemangiomas, venous and lymphatic malformations. *Acta Radiol* 2000; 41: 453-457.
 19. SUNAGAWA T, IKUTA Y, ISHIDA O, ISHIBURO M, YASUNAGA Y, OCHI M. Arteriovenous malformation of the ring finger. Pre- and postoperative evaluation using three-dimensional computed tomography angiography. *J Comput Assist Tomogr* 2003; 27: 820-823.
 20. BURROWS PE, MULLIKEN JB, FELLOWS KE, STRAND RD. Childhood hemangiomas and vascular malformations: angiographic differentiation. *Am J Roentgenol* 1983; 141: 483-488.
 21. KONEZ O, BURROWS PE, MULLIKEN JB, FISHMAN SJ, KOZAKIEWIC HP. Angiographic features of rapidly involuting congenital hemangioma (RICH). *Pediatr Radiol* 2003; 33: 15-19.
 22. ROOTMAN J. Vascular malformations of the orbit: hemodynamic concepts. *Orbit* 2003; 22: 103-120.
 23. TAKEDA T, IDO K, YUASA Y, NISHIMURA G, HASHIMOTO S, KYO E et al. Intraarterial digital subtraction angiography with carbon dioxide: superior detectability of arteriovenous shunting. *Cardiovasc Intervent Radiol* 1988; 11: 101-107.