

Evaluación de la perfusión de la cabeza femoral en el tratamiento de la displasia del desarrollo de la cadera

Pablo Castañeda Leeder,* Pedro Iturbide Siles**
Centro Médico ABC.

RESUMEN

La complicación más temida en el tratamiento de la displasia en el desarrollo de la cadera es la necrosis avascular; se trata de una condición netamente iatrogénica, ya que no ocurre en caderas sin tratamiento; tiene una incidencia variable informada en la literatura, que va desde cero hasta el 73%. La causa exacta sigue siendo tema de controversia con un origen vascular siendo la teoría predominante, sin poder excluir un origen mecánico por presión en la condroepífisis de la cabeza femoral, el resultado final de cualquier proceso fisiopatológico es un estado de hipoperfusión de la cabeza femoral. Este artículo presentará una revisión de la fisiopatología y el estado actual de los métodos que permiten evaluar la perfusión de la cabeza, incluyendo el ultrasonido, Doppler y resonancia magnética contrastada; con un enfoque especial en su interpretación para la toma de decisiones en el tratamiento esta condición.

Nivel de evidencia: IV

Palabras clave: Displasia del desarrollo de la cadera, necrosis avascular, perfusión de la cabeza femoral.
(Rev Mex Ortop Ped 2013; 1:47-52)

SUMMARY

The most feared complication in the treatment of developmental dysplasia of the hip is avascular necrosis, which is a completely iatrogenic condition as it does not occur in untreated hips; it has a variable incidence in the literature ranging from zero to up to 73%. The exact cause is still the subject of controversy, with a vascular insult being the most predominant theory, however a mechanical origin caused by pressure on the chondroepiphysis is also frequently mentioned; the final result of any pathologic process is a state of hypoperfusion of the femoral head. This article will present a review of the current knowledge on the pathophysiology and a review of the current methods that are used to evaluate femoral head perfusion including ultrasound, Doppler and contrast magnetic resonance imaging; with a special focus on their interpretation for the decision making process in the treatment of this condition.

Evidence level: IV

Key words: Developmental dysplasia of the hip, avascular necrosis, perfusion of the femoral head.
(Rev Mex Ortop Ped 2013; 1:47-52)

INTRODUCCIÓN

La displasia del desarrollo de la cadera (DDC) es el hallazgo anormal de nacimiento más común que existe, afectando hasta al 15% de la población general;¹ los resultados del tratamiento son directamente relacionados a la edad de inicio del mismo con los mejores resultados y las caderas más duraderas. La necrosis avascular u osteonecrosis es una complicación potencialmente devastadora en el tratamiento que ocurre cuando el aporte sanguíneo de la

epífisis femoral proximal llevando a la necrosis celular.² Es una condición netamente iatrogénica, ya que es inexistente en la historia natural de una cadera sin tratamiento. La necrosis y la reparación secundaria comúnmente llevan a deformidad progresiva del fémur proximal con el riesgo subsecuente de osteoartritis temprana.^{3,4}

FISIOPATOLOGÍA

El hueso es una estructura altamente vascular, independientemente de su localización tiene estructuras internas que afectan el aporte sanguíneo. Los cambios que ocurren en el flujo vascular tienen implicaciones clínicas importantes, y se han realizado múltiples intentos de correlacionar los patrones vasculares con la incidencia clínica de osteonecrosis. Un análisis de la anatomía arteriolar de huesos que sufren osteone-

* Médico Staff HSN, Hospital Shriners para Niños, México, D.F.

** Residente de Cirugía Ortopédica, Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Médico ABC, México, D.F.

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/opediatria>

croisis en otras regiones del cuerpo, ha permitido la identificación de patrones de interrupción vascular que pone a ciertas zonas de hueso en riesgo. La hipótesis vascular postula que una interrupción en el flujo sanguíneo local es la causa de la complicación, varios estudios en humanos y en animales⁵ han demostrado la presencia de trombosis microvascular con la teoría siendo que existe un daño endotelial seguido de la consiguiente cascada de coagulación, formación de trombos y la degeneración vascular distal. Otros estudios sugieren que la trombofilia, particularmente la fibrinólisis anormal juegan un papel preponderante en la necrosis avascular (NAV). La reducción en la resistencia a las fuerzas de cizallamiento debido a la disminución del flujo sanguíneo lleva a la apoptosis de las células endoteliales.

Otra teoría es la mecánica donde la presión de flujo arteriolar es insuficiente para lograr la perfusión debido a la compresión externa sobre la condroepífisis por una reducción forzada. Estudios recientes han demostrado que existen factores mecánicos en la fisiopatología de la enfermedad de Legg-Calvé-Perthes que asemejan esta condición de compresión externa por alteraciones en la versión acetabular.⁶

Se sabe por lo tanto que evitar reducciones forzadas evitando posiciones extremas y tratar a esta condición a la menor edad posible tiene la menor asociación a la NAV subsecuente.

Durante la niñez la fisis constituye una barrera al flujo sanguíneo entre epífisis y metáfisis; antes del cierre de la fisis, la cabeza femoral recibe su aporte sanguíneo de dos fuentes: las arterias cervicales ascendentes y la arteria del ligamento redondo; sin embargo, la arteria del ligamento redondo deja de proporcionar una parte significativa desde el periodo embrionario. De esta manera tenemos que el aporte principal viene de las arterias cervicales ascendentes que son ramas de las circunflejas medial y lateral, atraviesan a la cápsula en su inserción femoral, pasan por debajo de la sinovial y se ramifican para dar su aportación a la epífisis (Figuras 1 y 2), por lo tanto son intracapsulares y teóricamente pueden ser comprometidos por un aumento en la presión intracapsular y también pueden ser comprometidos mecánicamente por compresión entre el cuello femoral y el borde acetabular en posiciones extremas.

Un tema de controversia es la presencia del núcleo de osificación como factor protector contra la NAV; un metaanálisis reciente por Roposch y colaboradores⁷ demostró que la presencia del núcleo de osificación secundario no tuvo ningún efecto significativo sobre el desarrollo de NAV después de una reducción

de cadera. Sin embargo, se encontró que la presencia del núcleo de osificación se asoció a formas menos severas de NAV, los autores mencionan que la calidad de la evidencia es moderada y se requiere más investigación.

CLASIFICACIONES

Se han desarrollado varios sistemas para clasificar los cambios morfológicos que ocurren en la necrosis avascular^{8,9} (Cuadros I y II). Todos estos sistemas describen los cambios resultantes en la epífisis femoral y aunque éstos han sido bien identificados^{10,11} aún no está claro si los mismos son clínicamente relevantes y todos de-

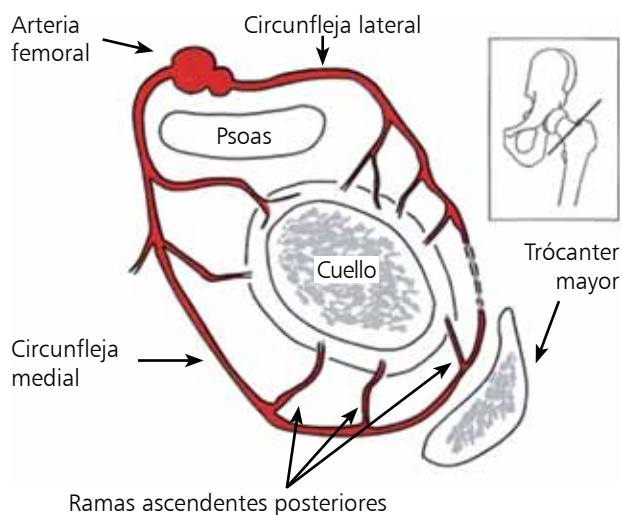


Figura 1. Anatomía vascular de la cabeza femoral del niño en un corte axial atravesando el cuello.

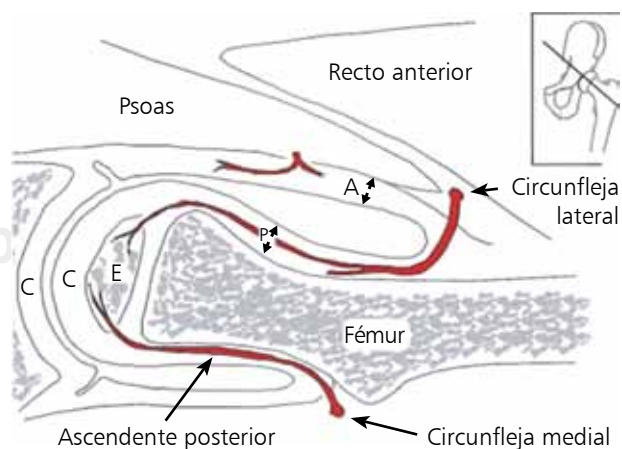


Figura 2. Anatomía vascular de la cabeza femoral del niño en un corte coronal atravesando el cuello.

Cuadro I. Clasificación de Bucholz y Ogden.

Tipo	Cambios en la epífisis	Cambios en la fisis	Deformidad resultante
I	Fragmentación completa del núcleo de osificación secundario	Ninguno	Mínima
II	Fragmentación completa del núcleo de osificación secundario	Irregularidad lateral, cierre prematuro del aspecto superolateral (evidente hasta los 7 a 12 años de edad)	Coxa magna
III	Desaparición del núcleo de osificación secundario	Toda la fisis es irregular, cierre prematuro de toda la fisis (a los siete años)	Coxa vara, cuello corto sobrecrecimiento del trocánter mayor
IV	Afectación variable del centro de osificación medial	Daño a la porción medial de la fisis y metáfisis	Coxa magna y acortamiento del cuello femoral

Cuadro II. Clasificación de Kalamchi y MacEwen.

Grupo	Cambios observados	Deformidad resultante
I	Fragmentación del núcleo de osificación	Deformidad mínima
II	Daño a la porción lateral de la fisis	Coxa valga y coxa magna
III	Daño a la porción central de la fisis	Cuello corto, sobrecrecimiento del trocánter mayor, discrepancia de longitud de miembros pélvicos
IV	Daño total a la cabeza y la fisis	Coxa plana, coxa vara, discrepancia de longitud de miembros pélvicos, incongruencia articular

penden de los cambios morfológicos una vez establecida la osteonecrosis, ninguno es capaz de identificar *a priori* el desarrollo de la necrosis avascular. Un estudio de imagen que permita la identificación temprana de la hipoperfusión de la cabeza femoral sería de gran utilidad para la toma de decisiones y para dictaminar el pronóstico del tratamiento de esta condición.

ULTRASONOGRAFÍA Y DOPPLER

La ultrasonografía es una técnica de obtención de imagen basado en la aplicación de energía ultrasónica, es decir todas las ondas de frecuencia por arriba del rango audible para el ser humano es de alrededor de los 20 kHz. Las frecuencias empleadas en la ultrasonografía diagnóstica típicamente son entre los 2 y 18 MHz. La selección de frecuencia depende de la resolución deseada, las frecuencias bajas producen imágenes con menos resolución pero mayor penetración al tejido, mientras que las frecuencias más altas tienen un coeficiente de atenuación mayor por lo que son absorbidas por el tejido, consiguientemente producen imágenes de mayor resolución pero no son capaces de penetrar tanto al tejido.

La ultrasonografía es sin duda el estándar de oro para la evaluación de la cadera de menores de cuatro meses, es más barato que cualquier otra modalidad, no produce ninguna radiación ionizante y permite la evaluación dinámica de las estructuras. En el seguimiento del tratamiento de la displasia de cadera con el arnés de Pavlik permite observar los cambios de posición de la cabeza femoral y específicamente refiriéndose a la evaluación de la perfusión de la cabeza, permite observar a los canales epifisarios y medir la estructura de la cabeza. Un modo de imagen por ultrasonografía se aprovecha del efecto Doppler y por lo tanto ha sido llamado ultrasonografía Doppler; este efecto es producto del cambio en la frecuencia de una onda para un observador en movimiento relativo a la fuente. En el caso de la ultrasonografía médica se visualiza el flujo sanguíneo y existen varias modalidades como son: Doppler color, donde la información de la velocidad de flujo es presentada con una gama de colores por encima de una imagen bidimensional; el Doppler de onda pulsada (*Pulsed wave o PW*) donde la información es procesada y presentada en una línea de tiempo.

Se han utilizado el Doppler para evaluar a la perfusión de la cabeza, observando una disminución en la

perfusión al poner a la cadera en abducción por arriba de 30° (Figuras 3 y 4), la adición del medio de contraste conocido como Imagent AF0150 (perfluorohexano nitrogenado cubierto de surfactante) ha sido empleado para mejorar la calidad de las imágenes;^{12,13} sin embargo, nosotros no tenemos experiencia con esta técnica. Lo que sí hemos realizado con mucho éxito es cuantificar el flujo en la arteria cervical ascendente anterior con el uso del Doppler de onda pulsada (PW) (Figuras 5 y 6). Esto tiene aplicación para el seguimiento de caderas tratadas con una ortesis dinámica

o de abducción fija o incluso para caderas que han sido tratadas con reducción abierta o cerrada, y es nuestra práctica disminuir el grado de abducción cuando la onda de flujo es menor al del lado contralateral, generalmente esto mejora el flujo y dejamos a la cadera en una posición que consideramos «segura».

RESONANCIA MAGNÉTICA SIMPLE Y CONTRASTADA

Esta es una técnica de obtención de imágenes diagnósticas que hace uso de la propiedad de resonancia magnética nuclear que tienen todos los núcleos de los átomos del cuerpo. El aparato o resonador utiliza un imán poderoso que alinea la magnetización de los núcleos atómicos del cuerpo y posteriormente se

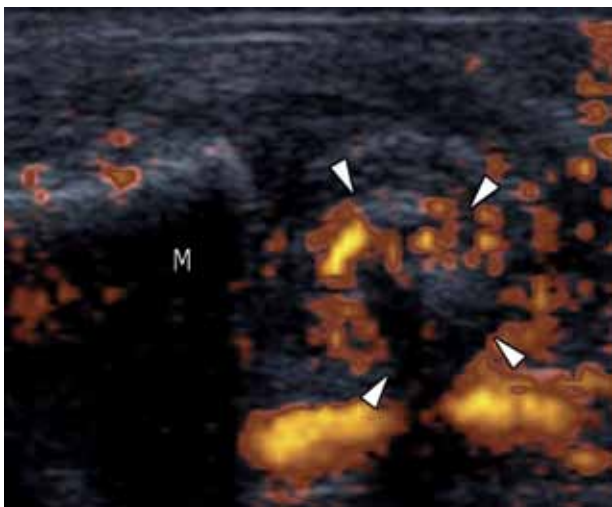


Figura 3. Doppler color de la cabeza femoral de un bebé de un mes de edad en posición neutro con perfusión de la cabeza.

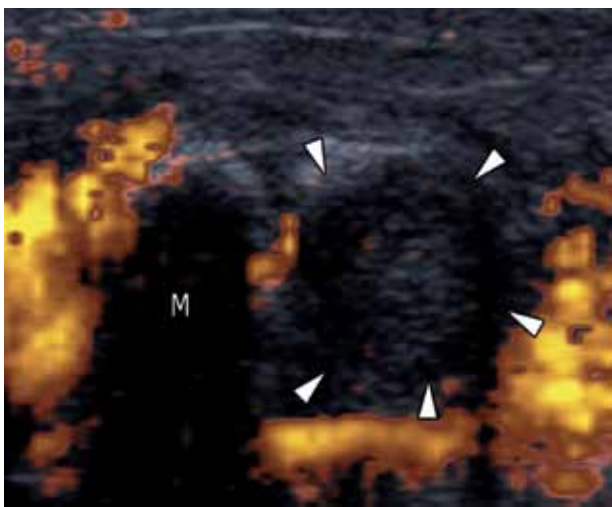


Figura 4. Al abducir la misma cadera a 60° se observa una disminución significativa en la perfusión de la cabeza.

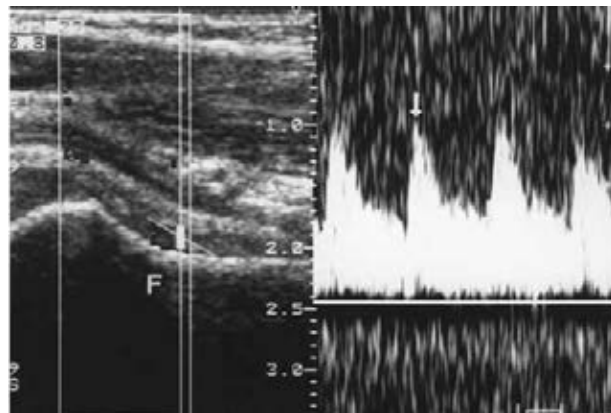


Figura 5. Doppler de onda pulsada con la que se obtiene una onda que mide en forma objetiva el flujo en la arteria cervical ascendente anterior, con la cadera en neutro se observa flujo máximo.

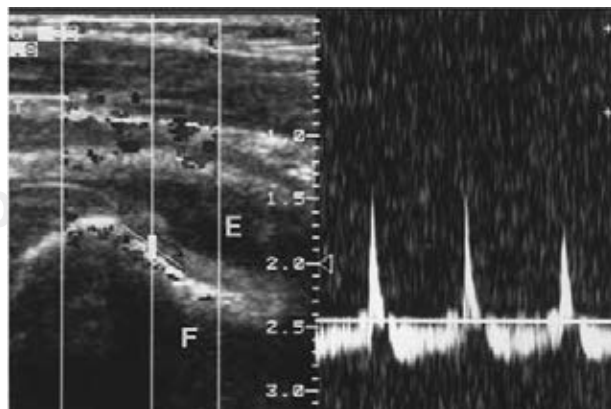


Figura 6. Con la misma cadera en 60° de abducción se observa una disminución significativa del flujo.

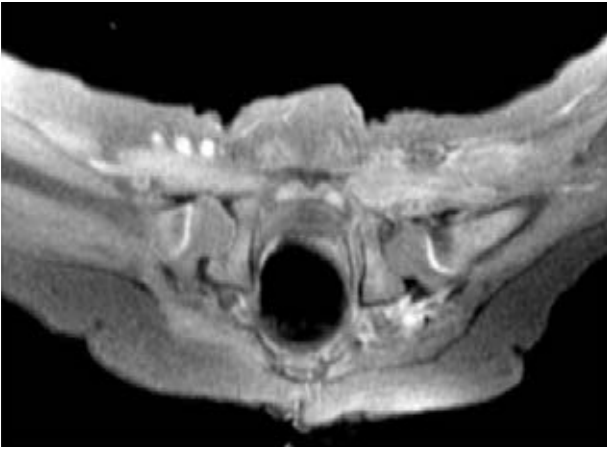


Figura 7. Resonancia magnética con gadolinio después de una reducción cerrada de la cadera izquierda, se observa una reducción adecuada, pero un cambio en la intensidad de la señal en la porción anterior de la cabeza, indicando hipoperfusión localizada.

aplican campos de radiofrecuencia en forma sistemática para alterar la alineación de esta magnetización. Esto hace que los núcleos produzcan un campo magnético que es detectado por el receptor y se utiliza esta información para reconstruir una imagen de una zona del cuerpo.

La resonancia magnética se aprovecha del hecho que el tejido contiene una gran cantidad de agua y por lo tanto protones (núcleos de hidrógeno) que se alinean en un campo magnético. Cada molécula de agua contiene dos protones de hidrógeno que se encuentran en lo que se llama un momento magnético basal, al aplicarse una corriente de radiofrecuencia conocida como la frecuencia de resonancia se voltea el giro de los protones y al regresar éstos a su equilibrio termodinámico generan una señal propia de radiofrecuencia que puede ser detectada por el receptor. En la evaluación de una reducción de una cadera se puede determinar si hay contacto entre la cabeza femoral y el acetábulo o si existe algún obstáculo que impide la reducción (*Figura 7*). Además se puede cuantificar el contenido hídrico de la cabeza y esto sirve como un indicador del aporte sanguíneo.

Una manera más eficaz de determinar la perfusión de la cabeza por resonancia magnética es con la adición de un medio de contraste, específicamente el gadolinio que es administrado en forma intravenosa, lo que acorta el tiempo de relajación de T1 de los protones cercanos lo cual resulta en una emisión estimulada de los estados de energía altos. Se ha demostrado el uso de esta técnica para evaluar la

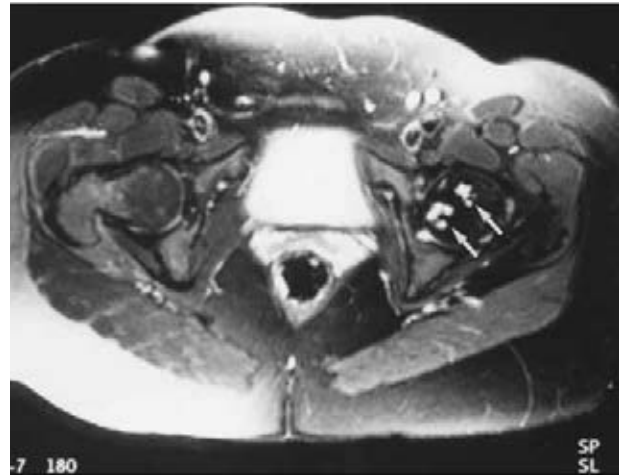


Figura 8. Resonancia magnética con gadolinio después de una reducción cerrada de la cadera izquierda, se observan cambios en la intensidad de la señal en múltiples porciones de la cabeza, indicando hipoperfusión global.

perfusión de la cabeza femoral (*Figura 8*) incluso correlacionando un estado de hipoperfusión global de la cabeza con el desarrollo subsecuente de necrosis avascular.¹⁴

CONCLUSIÓN

No existe un método con una sensibilidad perfecta para detectar un estado de hipoperfusión de la cabeza femoral después de una reducción; sin embargo el uso del Doppler y de la resonancia magnética con gadolinio pueden ayudar al cirujano en la difícil situación de tratar de pronosticar la presencia de necrosis avascular.

En última instancia el tratamiento de la displasia de la cadera depende de muchos factores y se sabe que los mejores resultados se obtienen cuando el tratamiento se inicia en forma temprana. No creemos que se pueda reducir a cero la incidencia de la necrosis avascular, pero sí pensamos que técnicas permitan evaluar la perfusión de la cabeza y permitan ajustar la posición en caso de tener un estado de hipoperfusión son de mucha utilidad.

Referencias

1. Klisic PJ. Congenital dislocation of the hip: a misleading term-brief report. *J Bone Joint Surg Br.* 1989; 71: 136.
2. Atsumi T, Kuroki Y. Role of impairment of blood supply of the femoral head in the pathogenesis of idiopathic osteonecrosis. *Clin Orthop Relat Res.* 1992; 277: 22-30.

3. Brougham DI, Broughton NS, Cole WG, Menelaus MB. The predictability of acetabular development after closed reduction for congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 1988; 70: 733-736.
4. Cooperman DR, Wallensten R, Stulberg SD. Acetabular dysplasia in the adult. *Clin Orthop Relat Res.* 1983; 173: 79-85.
5. Kerachian MA, Harvey EJ, Cournoyer D, Chow TY, Séguin C. Avascular necrosis of the femoral head: vascular hypotheses. *Endothelium.* 2006; 13(4): 237-44.
6. Eijer H. Towards a better understanding of the aetiology of Legg-Calvé-Perthes' disease: acetabular retroversion may cause abnormal loading of dorsal femoral head-neck junction with restricted blood supply to the femoral epiphysis. *Med Hypotheses.* 2007; 68(5): 995-997.
7. Roposch A, Stöhr KK, Dobson M. The effect of the femoral head ossific nucleus in the treatment of developmental dysplasia of the hip. A meta-analysis. *J Bone Joint Surg Am.* 2009; 91(4): 911-918.
8. Bucholz R, Ogden JA. *Patterns of ischemic necrosis of the proximal femur in nonoperatively treated congenital hip disease.* St. Louis: CV Mosby Co; 1978: 43-63.
9. Kalamchi A, MacEwen GD. Avascular necrosis following treatment of congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am.* 1980; 62: 876-888.
10. Kim HW, Morcuende JA, Dolan LA, Weinstein SL. Acetabular development in developmental dysplasia of the hip complicated by lateral growth disturbance of the capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg Am.* 2000; 82: 1692-1700.
11. Brougham DI, Broughton NS, Cole WG, Menelaus MB. Avascular necrosis following closed reduction of congenital dislocation of the hip. Review of influencing factors and long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Br.* 1990; 72: 557-562.
12. Barnewolt CE, Jaramillo D, Taylor GA, Dunning PS. Correlation of contrast-enhanced power Doppler sonography and conventional angiography of abduction-induced hip ischemia in piglets. *AJR Am J Roentgenol.* 2003; 180(6): 1731-1735.
13. Doria AS, Guarniero R, Cunha FG, Modena M, De Godoy RM Jr, Luzo C, Neto RB, Molnar LJ, Cerri GG. Contrast-enhanced power Doppler sonography: assessment of revascularization flow in Legg-Calvé-Perthes' disease. *Med Biol.* 2002; 28(2): 171-182.
14. Jaramillo D, Villegas-Medina OL, Doty DK, Dwek JR, Ransil BJ, Mulkern RV, Shapiro F. Gadolinium-enhanced MR imaging demonstrates abduction-caused hip ischemia and its reversal in piglets. *Pediatr Radiol.* 1995; 25(8): 578-587.

Correspondencia:
Dr. Pablo Castañeda Leeder
Centro Médico ABC, Santa Fe
Consultorio 405
Av. Carlos Graef Núm. 154,
Colonia Tlalaxala Santa Fe, 05300,
Delegación Cuajimalpa, México, D.F.
E-mail: pablocastaneda@me.com