

INVESTIGACIÓN CLÍNICA

Estudio de la perfusión pulmonar posterior al cierre percutáneo del conducto arterioso permeable utilizando el dispositivo Amplatzer Duct Occluder en niños



José Rafael Parra-Bravo^{a,*}, Adriana Apolonio-Martínez^b,
María de Jesús Estrada-Loza^a, Luisa Gracia Beirana-Palencia^a
y César Iván Ramírez-Portillo^a

^a Servicio de Cardiología y Hemodinamia, Hospital de Pediatría Centro Médico Nacional Siglo XXI Instituto Mexicano del Seguro Social, México, Distrito Federal, México

^b Servicio de Pediatría, Hospital de Pediatría Centro Médico Nacional Siglo XXI Instituto Mexicano del Seguro Social, México, Distrito Federal, México

Recibido el 14 de agosto de 2014; aceptado el 10 de diciembre de 2014

PALABRAS CLAVE

Conducto arterioso permeable;
Cierre percutáneo;
Amplatzer Duct Occluder;
Gammagrafía pulmonar;
México

Resumen

Objetivo: La reducción en la perfusión pulmonar se ha descrito tras el cierre percutáneo del conducto arterioso permeable con varios dispositivos. Evaluamos la perfusión pulmonar posterior al cierre percutáneo del conducto arterioso con el dispositivo Amplatzer Duct Occluder utilizando la gammagrafía pulmonar de perfusión.

Métodos: Treinta pacientes con oclusión transcatéter exitosa del conducto arterioso permeable utilizando el dispositivo Amplatzer Duct Occluder fueron incluidos en este estudio. La gammagrafía pulmonar de perfusión se realizó 6 meses después del procedimiento. Las velocidades de flujo máximo y la protrusión del dispositivo fueron analizadas por ecocardiografía Doppler. Una perfusión pulmonar izquierda < 40% se consideró anormal.

Resultados: El implante del dispositivo fue exitoso en todos. La media de perfusión hacia el pulmón izquierdo fue de $44.7 \pm 4.9\%$ (37.8-61.4). Cinco pacientes (16.6%) mostraron disminución en la perfusión pulmonar izquierda. Tanto la edad y el peso bajo, así como la longitud del conducto arterioso y la relación diámetro mínimo y máximo con la longitud del conducto arterioso fueron estadísticamente significativos en los pacientes con anomalías de la perfusión pulmonar. Se observó protrusión del dispositivo en 6 pacientes con una velocidad de flujo máximo mayor en la arteria pulmonar izquierda.

* Autor para correspondencia. T. Sánchez de la Barquera 108-304, Colonia Merced Gómez. Delegación Benito Juárez. CP 03930. México, DF., México. Teléfono: +5680 2281.

Correo electrónico: rafaelparrabravo@yahoo.com.mx (J.R. Parra-Bravo).

Conclusión: La perfusión pulmonar izquierda puede comprometerse tras el cierre percutáneo del conducto arterioso con el Amplatzer Duct Occluder. El aumento en la velocidad de flujo en el origen de la arteria pulmonar izquierda puede ser un pobre indicador de la reducción en la perfusión pulmonar y puede ocurrir en ausencia de protrusión del dispositivo.

© 2014 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Publicado por Masson Doyma México S.A. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Patent ductus arteriosus;
Percutaneous closure;
Amplatzer Duct Occluder;
Lung perfusion scan;
México

Lung perfusion studies after percutaneous closure of patent ductus arteriosus using the Amplatzer Duct Occluder in children

Abstract

Objective: The closure of patent ductus arteriosus with multiple devices has been associated with a reduction in lung perfusion. We evaluated the pulmonary perfusion after percutaneous closure of patent ductus arteriosus with the Amplatzer Duct Occluder device using perfusion lung scan.

Methods: Thirty patients underwent successful percutaneous patent ductus arteriosus occlusions using the Amplatzer Duct Occluder device were included in this study. Lung perfusion scans were performed 6 months after the procedure. Peak flow velocities and protrusion of the device were analyzed by Doppler echocardiography. A left lung perfusion < 40% was considered abnormal.

Results: The device implantation was successful in all patients. Average perfusion of left lung was $44.7 \pm 4.9\%$ (37.8-61.4). Five patients (16.6%) showed decreased perfusion of the left lung. Age, low weight, the length of the ductus arteriosus and the minimum and maximum diameter/length of the ductus arteriosus ratio were statistically significant in patients with abnormalities of lung perfusion. It was observed protrusion the device in 6 patients with a higher maximum flow rate in the left pulmonary artery.

Conclusion: The left lung perfusion may be compromised after percutaneous closure of patent ductus arteriosus with the Amplatzer Duct Occluder. The increased flow velocity in the origin of the left pulmonary artery can be a poor indicator of reduction in pulmonary perfusion and can occur in the absence of protrusion of the device.

© 2014 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Published by Masson Doyma México S.A. All rights reserved.

Introducción

El cierre percutáneo del conducto arterioso permeable (CAP) es un procedimiento bien establecido y sus resultados inmediatos son bien conocidos^{1,2}. Para el cierre de diferentes tipos y tamaños angiográficos del CAP se utiliza una amplia variedad de dispositivos³⁻⁵. A pesar de que los resultados del procedimiento intervencionista son generalmente satisfactorios, algunas complicaciones han sido informadas⁶. Distorsiones mecánicas de los vasos adyacentes, particularmente de la arteria pulmonar izquierda (API) ocurren con algunos dispositivos⁶⁻⁸. La protrusión del dispositivo hacia el origen de la API puede condicionar una reducción del flujo sanguíneo hacia el pulmón izquierdo^{9,10}. Dessy et al.¹¹ describen que el 14% de los pacientes sometidos a cierre percutáneo del CAP y evaluados por estudios de gammagrafía pulmonar muestran reducción en el flujo pulmonar izquierdo. El efecto de diferentes dispositivos sobre el flujo pulmonar, utilizando la gammagrafía pulmonar de perfusión ha sido descrito por otros autores¹²⁻¹⁵. Aunque el Amplatzer Duct Occluder I (ADO I; AGA Medical Corporation, EE. UU.) es el ocluidor más utilizado en los CAP

de un tamaño moderado a grande, su protrusión hacia la API y su impacto en la obstrucción y distribución del flujo sanguíneo no han sido completamente evaluados^{3-5,9,15}.

Describimos el efecto del dispositivo Amplatzer Duct Occluder (ADO) en la obstrucción del origen de la API y la perfusión pulmonar izquierda, utilizando la gammagrafía pulmonar de perfusión.

Métodos

Pacientes

Se incluyeron 30 pacientes (20 niñas) en quienes se realizó cierre percutáneo del CAP utilizando el dispositivo ADO. Los pacientes seleccionados cumplían criterios clínicos y ecocardiográficos de un CAP de tamaño moderado y un peso mayor de 4 kg^{8,9}. La edad al momento del cierre del CAP fue de 23.8 ± 13.7 meses (intervalo: 7-67 meses) y el peso de 11.1 ± 4.5 kg (intervalo: 4.1-25.5 kg). Quince pacientes (50%) evidenciaron un peso ≤ 10 kg. Ocho pacientes (26.6%) tenían otras malformaciones cardíacas asociadas: comunicación interventricular perimembranosa pequeña en

Tabla 1 Datos demográficos y resultados del cateterismo en la población total, y comparación entre aquellos con perfusión normal y anormal

Variable	Grupo total (n = 30)	Perfusión normal (n = 25)	Perfusión anormal (n = 5)	Valor de p
Edad (meses)	23.8 ± 13.7	24.6 ± 14.8	19.6 ± 5.6	0.041
Peso (kg)	11.1 ± 4.5	11.42 ± 4.84	9.3 ± 1.8	0.050
Qp/Qs	2.13 ± 0.88	2.14 ± 0.90	2.06 ± 0.87	0.356
Características del CAP				
Diámetro mínimo (mm)	2.7 ± 1.4	2.64 ± 1.45	2.76 ± 1.1	0.254
Diámetro máximo (mm)	9.75 ± 2.06	9.74 ± 2.26	8.50 ± 2.91	0.207
Longitud (mm)	7.61 ± 2.07	8.16 ± 1.77	5.02 ± 1.30	0.023
Relación diámetro mínimo/máximo	0.26 ± 0.1	0.26 ± 0.09	0.27 ± 0.1	0.316
Relación diámetro mínimo/longitud	0.38 ± 0.23	0.35 ± 0.21	1.42 ± 2.01	0.019
Relación diámetro máximo/longitud	1.41 ± 0.54	1.27 ± 0.42	2.65 ± 1.42	0.001
Tamaño del ADO (mm)	5.07 ± 1.46	5.04 ± 1.54	5.20 ± 1.09	0.227
Diferencia ADO-CAP (mm)	2.33 ± 0.54	2.31 ± 0.58	2.42 ± 0.19	0.353
Gradiente máximo en API	7.36 ± 4.64	6.40 ± 4.17	11 ± 4.69	0.281

ADO: Amplatzer Duct Occluder; API: arteria pulmonar izquierda; CAP: conducto arterioso permeable; Diferencia ADO-CAP: diferencia tamaño del ADO y diámetro mínimo del CAP; Qp/Qs: relación gasto pulmonar/sistémico.

2; foramen oval permeable en 3; coartación aórtica leve, estenosis de rama pulmonar izquierda y otra, uno en cada uno. Los datos demográficos y los resultados del cateterismo se muestran en la [tabla 1](#). Previo al procedimiento intervencionista, se realizó un ecocardiograma Doppler-color para evaluar el gradiente de presión entre el tronco pulmonar y las arterias pulmonares, en la proyección del eje corto¹⁶.

Protocolo de cierre del conducto arterioso permeable

La técnica del cierre percutáneo del CAP ha sido descrita previamente por los autores⁸⁻¹⁰. El dispositivo se seleccionó en función del tamaño y morfología del CAP, de acuerdo con Krichenko et al.¹⁷ y de un diámetro de 2 mm mayor al diámetro mínimo del CAP.

Seguimiento

La evaluación ecocardiográfica transtóracica se realizó en todo paciente previo a su alta (24 h), 3 y 6 meses posteriores al procedimiento, enfatizando en la presencia de fuga residual, protrusión del dispositivo, y mediante evaluación Doppler se determinó la velocidad máxima ($V_{m\acute{a}x}$) entre el tronco pulmonar y la API. Se consideró una $V_{m\acute{a}x} > 1.6$ m/s (gradiente > 10 mmHg) como indicativa de posible estenosis en el origen de la API.

Estudio de la perfusión pulmonar

La gammagrafía pulmonar de perfusión se realizó 6 meses después del procedimiento utilizando una inyección intravenosa de macroagregados de albúmina marcada con ^{99m}Tc a una dosis de 74 MBq/2 mCi a través de una vena periférica en posición supina. El procedimiento se realizó en una cámara gamma (E-cam Siemens), con adquisición de imagen estática en proyección anterior y posterior durante 10 min, para evaluar la distribución del flujo sanguíneo entre los pulmones. El porcentaje de perfusión en ambos pulmones se calculó al

dividir la radiactividad media obtenida en ambas posiciones. Se consideró un flujo $< 40\%$ hacia el pulmón izquierdo como anormal¹¹⁻¹⁵. El protocolo de estudio fue aprobado por el comité de investigación local (R-2014-3603-7).

Análisis estadístico

Se realizó análisis estadístico descriptivo, con cálculos de medidas de tendencia central (media, mediana) y dispersión (desviación estándar, mínimo y máximo) para las variables cuantitativas de acuerdo con el tipo de distribución. Para las variables cualitativas, frecuencias y porcentajes. Los resultados se expresan como media \pm desviación estándar o mediana e intervalos. En el análisis de los datos se emplearon la prueba exacta de Fisher y la prueba de χ^2 de Pearson. Para contrastar las variables cuantitativas, se utilizó la prueba de *U* de Mann-Whitney. Todos los análisis se hicieron con el paquete estadístico SPSS versión 20, considerando un valor de $p < 0.05$ con significación estadística.

Resultados

El implante del dispositivo fue exitoso en todos los pacientes ([fig. 1](#)) y la prevalencia de fuga residual posterior al implante del dispositivo fue del 30% y del 6.7% a las 24 h. Ninguno de los pacientes mostró fuga residual 3 meses después del procedimiento. Por ecocardiografía Doppler, un paciente mostró una $V_{m\acute{a}x} > 2$ m/s (23 mmHg) en la API antes del implante del dispositivo. Hemodinámicamente, observamos hipertensión arterial pulmonar ($PMP \geq 25$ mmHg) en 12 pacientes (mediana 30 mmHg), siendo > 35 mmHg en 3 de ellos. La relación gasto pulmonar/gasto sistémico mostró una mediana de 2.04/1Lt/min (intervalo: 1.2-4.7). Doce pacientes (40.1%) evidenciaron un diámetro mínimo angiográfico del CAP ≤ 2 mm y 3 pacientes (10%) mostraron una longitud del CAP < 5.8 mm. El tipo de CAP encontrado fue: cónico (tipo A) en 21 casos (70%), tubular (tipo C) en 5 casos (16.7%) y tipo E (cónico elongado) en 4 casos (13.3%).



Figura 1 Aortografía postimplante del dispositivo Amplatzer Duct Occluder 6/4 mm, posicionado completamente dentro del conducto arterioso y sin flujo residual.

En la sala de hemodinamia, un paciente mostró un gradiente de retiro de presión entre la API y el tronco pulmonar de 12 mmHg previo al procedimiento y que persistió tras el implante del dispositivo. El tamaño del dispositivo fue 5/4 en 12 casos (40%), 6/4 en 5 casos (16.7%), 8/6 en 11 casos (36.7%), 10/8 en un paciente (3.3%) y 12/10 en otro (3.3%). El tamaño del dispositivo más utilizado fue el 5/4 y el 8/6 (5.07 ± 1.46 mm) para una relación ADO/CAP para el

grupo total de 2.1 ± 0.7 . En 21 pacientes (70%) se utilizó un dispositivo con un diámetro > 2 mm al diámetro mínimo del CAP con una media de 2.3 ± 0.5 en milímetros en la relación ADO/CAP.

Al analizar los resultados de la gammagrafía pulmonar, encontramos una mediana de porcentaje de perfusión para el pulmón derecho del 55.3% (intervalo: 40.6-62.24) y para el pulmón izquierdo del 44.7% (intervalo: 37.7-61.36). En 5 pacientes (16.6%) se evidenció disminución en la perfusión del pulmón izquierdo, definida como $< 40\%$ del flujo pulmonar total (fig. 2). Se compararon las variables entre los pacientes con perfusión pulmonar normal y disminuida (tabla 1).

Los valores medios de edad y peso fueron significativamente menores en los pacientes con disminución en la perfusión pulmonar izquierda ($p=0.04$, 0.05 , respectivamente). Aunque los diámetros mínimo y máximo del CAP fueron similares en los pacientes con y sin alteración en la perfusión pulmonar ($p=0.25$, 0.20 , respectivamente), la longitud del CAP fue significativamente menor en los pacientes con disminución en la perfusión pulmonar izquierda ($p=0.04$). La relación diámetro mínimo y máximo del CAP con su longitud, también fueron significativamente menores en aquellos pacientes con flujo pulmonar disminuido ($p=0.019$ y 0.001 , respectivamente).

La ecocardiografía Doppler postimplante del ADO evidenció 5 pacientes (16.6%) con incremento en la $V_{m\acute{a}x}$ en la API (excluyendo al paciente con estenosis preimplante) con valores entre 1.7-2.2 m/s (gradiente 11-19 mmHg) y con una disminución leve del flujo pulmonar (37-39%) en 3 de ellos ($p=0.09$). Seis pacientes (20%) evidenciaron protrusión del dispositivo hacia la API, con un gradiente > 10 mmHg en 5 de ellos. Al comparar el resultado de la perfusión pulmonar entre los pacientes con y sin protrusión del dispositivo, no hubo diferencia estadísticamente significativa (tabla 2).

Se realizó correlación de Spearman entre el gradiente de la API y la perfusión pulmonar izquierda (fig. 3), observando que la menor perfusión pulmonar se relacionó con un mayor gradiente en la API ($\rho = -0.530$), sin embargo, no

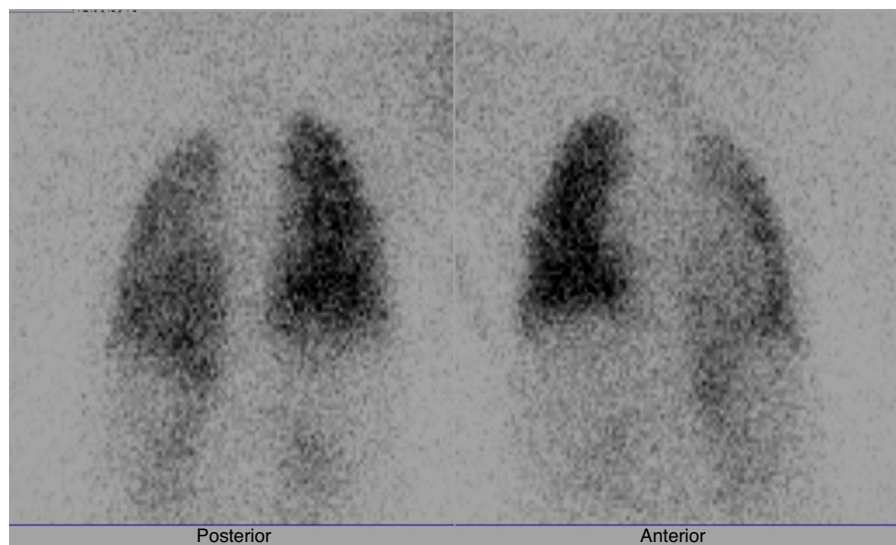
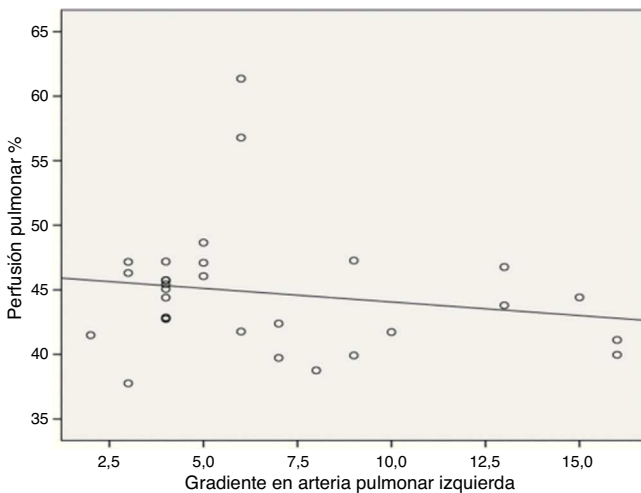


Figura 2 Gammagrafía pulmonar de perfusión con $^{99m}\text{Tc-MAA}$ en un paciente con disminución en la perfusión izquierda, posterior al implante del Amplatzer Duct Occluder.

Tabla 2 Relación entre la perfusión pulmonar y la presencia o ausencia de protrusión del dispositivo

Perfusión	Con protrusión del dispositivo (n = 6)	Sin protrusión del dispositivo (n = 24)	Valor de p
<i>Pulmón izquierdo</i>			
Mediana	42.77	45.25	0.27
Mínimo	39.97	37.76	
Máximo	47	61	
<i>Pulmón derecho</i>			
Mediana	57.24	54.77	0.29
Mínimo	53.23	38.64	
Máximo	60	62	

**Figura 3** Correlación de la perfusión pulmonar izquierda y el gradiente en la arteria pulmonar izquierda.

resultó estadísticamente significativa ($p=0.28$). El tamaño del ADO y un incremento > 2 mm al diámetro mínimo del CAP no fueron estadísticamente significativos ($p=0.22$ y 0.35 , respectivamente) en aquellos pacientes con disminución en la perfusión pulmonar izquierda. En 3 de los 5 pacientes con conducto arterioso tipo tubular, se observó reducción del flujo pulmonar izquierdo.

Discusión

Desde la primera descripción del cierre percutáneo del conducto arterioso, 3 décadas de experiencia y seguimiento han establecido la seguridad y eficacia de este procedimiento como una alternativa al cierre quirúrgico¹⁸⁻²⁰. Habitualmente, los CAP pequeños (< 2 mm) son ocluidos con *coils* de Gianturco o *coils* de liberación controlada¹⁻³. El ADO es empleado con éxito en el cierre de virtualmente todos los tipos morfológicos del CAP y ofrece muchas ventajas en comparación con otros oclusores^{4-6,10}. Sin embargo, en niños pequeños se han reportado la embolización del ocluidor, la obstrucción de la luz aórtica o de la rama pulmonar izquierda y otras complicaciones^{3,7-10}. Los efectos adversos asociados con el ADO son ligeramente mayores en niños con peso < 10 kg^{4,6,10}. Varios estudios muestran que los

gradientes en la API no difieren tras la oclusión del CAP con el ADO, al compararlos con los gradientes preoclusión^{1,3-5,16}.

Algunos estudios analizaron la correlación entre la imágenes ecocardiográficas de protrusión del dispositivo hacia estructuras vasculares adyacentes y el gradiente medido por Doppler y la distribución del flujo sanguíneo pulmonar posterior al cierre percutáneo del CAP¹¹⁻¹³, concluyendo que no hay correlación entre las imágenes ecocardiográficas bidimensionales de protrusión del dispositivo y el gradiente de presión por velocidad de flujo Doppler través de la API¹⁶. Soares et al. mencionan que el índice de velocidad Doppler es altamente predictivo de asimetría en la perfusión pulmonar¹³.

Estudios sistemáticos que incluyen la gammagrafía pulmonar de perfusión en la evaluación rutinaria de pacientes sometidos a cierre percutáneo del CAP con diferentes dispositivos encuentran un riesgo potencial de alteraciones en la perfusión pulmonar izquierda^{11-14,21,22}. Estudios en pacientes sin anomalías cardíacas muestran una distribución normal del flujo sanguíneo pulmonar del 52.5% y del 47.5% ($\pm 2.1\%$) para el pulmón derecho e izquierdo²³, considerando un valor de corte $> 45\%$ para una perfusión pulmonar izquierda normal. No existen suficientes datos de una distribución normal del flujo sanguíneo pulmonar en las diferentes edades pediátricas²⁴. En este estudio consideramos una disminución del 10% en la perfusión pulmonar izquierda como anormal (perfusión pulmonar izquierda $< 40\%$ del flujo sanguíneo total). La alta incidencia de alteraciones en la perfusión pulmonar posterior al cierre del CAP referida por diversos autores podría deberse a la falta de una definición adecuada de perfusión pulmonar anormal o por tratarse de serie de casos no consecutivos^{21,22,25}.

En este estudio detectamos una disminución en la perfusión pulmonar izquierda mediante la gammagrafía pulmonar de perfusión en 5/30 (16.6%) pacientes, utilizando un valor de corte $< 40\%$ según lo sugerido por otros estudios^{14,15,22}. La media de edad, el peso y la longitud del CAP fueron estadísticamente significativos en los pacientes con perfusión pulmonar disminuida^{21,25}, y el porcentaje de pacientes con disminución en la perfusión pulmonar izquierda no se correlacionó con la $V_{máx}$ en la API, medida por ecocardiografía Doppler.

Las alteraciones en la perfusión pulmonar utilizando el ADO varían en una proporción del 17-33%^{14,21,22}. Polat et al. consideran que una longitud del conducto < 5.8 mm y una relación diámetro ampolla ductal/longitud ampolla ductal ≥ 1.9 son los mejores valores de corte obtenidos por curvas ROC, para discriminar una perfusión pulmonar disminuida²¹. Aunque la edad y el peso de los pacientes y la longitud del CAP pueden ser factores de riesgo para una inadecuada perfusión pulmonar izquierda, se considera que el determinante primario podría ser la anatomía ductal^{14,15,22}. Se identifican factores de riesgo asociados con gammagrafías anormales, y se confirma la mejoría espontánea de la perfusión pulmonar izquierda en una proporción significativa de pacientes durante su seguimiento (65.7%)^{25,26}.

Conclusiones

Este estudio demuestra que el cierre del CAP con el ADO está asociado con un riesgo potencial de alteraciones en

la perfusión pulmonar izquierda en 5/30 (16.6%) de los pacientes, utilizando la gammagrafía pulmonar de perfusión. Esto ocurre más a menudo en niños pequeños y con bajo peso, y está muy relacionado con la anatomía ductal. Conductos cortos y tubulares son más propensos a desarrollar esta complicación. No existe una estrecha correlación entre la gammagrafía pulmonar y la ecocardiografía Doppler para establecer alteraciones en la perfusión pulmonar.

Limitaciones

Es importante mencionar las limitaciones de este estudio, incluyendo su naturaleza retrospectiva y un tamaño de muestra pequeño. Es también importante darse cuenta de que esto no prueba una relación causa-efecto entre una perfusión izquierda anormal y el cierre del CAP con el dispositivo, considerando la ausencia de estudios de perfusión preintervención y la falta de correlación con otros modos de valoración. El significado clínico de nuestros datos requiere de una validación con nuevos estudios prospectivos y un seguimiento a largo plazo.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Financiación

No se recibió patrocinio de ningún tipo para llevar a cabo este estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Pass RH, Hijazi ZM, Hsu DT, et al. Multicenter USA Amplatzer patent ductus arteriosus occlusion device trial: Initial and one-year results. *J Am Coll Cardiol.* 2004;44:513-9.
2. Faella HJ, Hijazi ZM. Closure of the patent ductus arteriosus with de amplatzer PDA device: Immediate results of the international clinical trial. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2000;51:50-4.
3. Masura J, Walsh KP, Thanopoulos B, et al. Catheter closure of moderate to moderate- to large-sized patent ductus arteriosus using the new Amplatzer duct occluder: Immediate and short term results. *J Am Coll Cardiol.* 1998;31:878-82.
4. Bilkis AA, Alwi M, Hasri S, et al. The Amplatzer duct occluder: Experience en 209 patient. *J Am Coll Cardiol.* 2001;37:258-61.
5. Masura J, Tittel P, Gavora P, et al. Long-term outcome of transcatheter patent ductus arteriosus closure using Amplatzer duct occluders. *Am Heart J.* 2006;151, 755.e7-755.e10.
6. Al-Ata J, Arfi AM, Hussain A, et al. The efficacy and safety of the Amplatzer ductal occluder in young children and infants. *Cardiol Young.* 2005;15:279-85.
7. Fischer G, Stich J, Grabitz R, et al. Transcatheter closure of persistent ductus arteriosus in infants using the Amplatzer duct occluder. *Heart.* 2001;86:444-7.
8. Parra R, Cruz A, Toxqui A, et al. Cierre percutáneo del conducto arterioso persistente con dispositivo Amplatzer en niños: resultados inmediatos y a un año. *Arch Cardiol Mex.* 2009;79:114-20.
9. Butera G, de Rosa G, Chessa M, et al. Transcatheter closure of persistent ductus arteriosus with the Amplatzer duct occluder in very young symptomatic children. *Heart.* 2004;90:1467-70.
10. Parra R, Cruz A, Rebolledo V, et al. Cierre transcáteter del conducto arterioso persistente con dispositivo de Amplatzer en niños menores de un año. *Rev Esp Cardiol.* 2009;62:867-74.
11. Dessy H, Hermus JPS, van den Heuvel F, et al. Echocardiographic and radionuclide pulmonary blood flow patterns after transcatheter closure of patent ductus arteriosus. *Circulation.* 1996;94:126-9.
12. Sreeram N, Tofeig M, Walsh KP, et al. Lung perfusion studies after detachable coil occlusion of persistent arterial duct. *Heart.* 1999;82:642-5.
13. Soares AM, Aiello VD, Andrade JL, et al. Doppler flow evaluation can anticipate abnormal left lung perfusion after transcatheter closure of patent ductus arteriosus. *Eur Heart J.* 2004;25:1927-33.
14. Kharouf R, Heitschmidt M, Hijazi ZM. Pulmonary perfusion scans following transcatheter patent ductus arteriosus closure using Amplatzer devices. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2011;77:664-70.
15. Polat TB, Celebi A, Hacimahmutoglu S, et al. Radionuclide evaluation of lung perfusion after transcatheter closure of patent ductus arteriosus: analysis of frequently used two different types of coils. *Anadolu Kardiyol Derg.* 2011;11:218-24.
16. Gowda S, Kutty S, Ebeid M, et al. Preclosure pressure gradients predict patent ductus arteriosus patients at risk for later pulmonary artery stenosis. *Pediatr Cardiol.* 2009;30:883-7.
17. Krichenko A, Benson LN, Burrows P, et al. Angiographic classification of the isolated, persistently ductus arteriosus and implications for percutaneous catheter occlusion. *Am J Cardiol.* 1989;63:877-80.
18. Zabala C. Usefulness of Amplatzer devices. *Arch Cardiol Mex.* 2009;79:81-2.
19. San Luis-Miranda R, Arias-Monroy LG, Peralta-Pedrero ML, et al. Clinical guide practice. Patent ductus arteriosus. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 2012;50:450-63.
20. Cervantes-Salazar J, Calderón-Colmenero J, Ramírez-Marroquín S, et al. Pediatric cardiovascular surgical data base registry in México. First report. *Rev Invest Clin.* 2013;65:476-82.
21. Polat TB, Celebi A, Hacimahmutoglu S, et al. Lung perfusion studies after transcatheter closure persistent ductus arteriosus with the Amplatzer duct occluder. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2010;76:418-24.
22. Evangelista JK, Hijazi ZM, Geggel RL, et al. Effect of multiple coil closure of patent ductus arteriosus on blood flow to the left lung as determined by lung perfusion scans. *Am J Cardiol.* 1997;80:242-4.

23. Treves ST, Packard AB. Lungs. En: Treves ST, editor. *Pediatric nuclear medicine/PET*. New York: Verlag; 2007. p. 87–127.
24. Johnson K. Ventilation and perfusion scanning in children. *Paediatric Respir Rev*. 2000;1:347–53.
25. Kramoh EK, Miró J, Brigas JL, et al. Differential pulmonary perfusion scan after percutaneous occlusion of the patent ductus arteriosus: One-decade consecutive longitudinal study from a single institution. *Pediatr Cardiol*. 2008;29:918–22.
26. Demir F, Celebi A, Saritas T, et al. Long-term follow-up results of lung perfusion studies after transcatheter closure of patent ductus arteriosus. *Cong Heart Dis*. 2013;8:159–66.