

## ORIGINALES

### Uso del CO<sub>2</sub> como medio de contraste en aorto-arteriografía de MMII. Nuestra experiencia inicial

#### CO<sub>2</sub> as contrast agent in lower limbs angiography. Our early experience

José M. Carreira Villamor - Ricardo Reyes Pérez - Elías Górriz Gómez -  
M.<sup>a</sup> Dolores Pardo Moreno - Manuel Maynar Moliner

Hospital Ntra. Sra. del Pino  
(Jefe Unidad de Radiología Vascular  
Intervencionista, Dr. Manuel Maynar)  
Las Palmas (España)

#### RESUMEN

**Objetivos:** Presentar los resultados preliminares de arteriografías de miembros inferiores realizadas con CO<sub>2</sub> como medio de contraste.

**Pacientes y métodos:** Se realizaron estudios angiográficos de miembros inferiores a 90 pacientes (75 hombres y 15 mujeres). Como bomba de inyección se usó un prototipo desarrollado en la Universidad de Florida. La cantidad de gas media utilizada por paciente fue de 418 cc. El equipo radiológico usado fue un Integris 3.000. El tiempo medio empleado por exploración fue de 68 minutos.

**Resultados:** Los estudios resultaron diagnósticos en su totalidad en el 76 % de los pacientes. No se produjo ninguna complicación y en 3 casos se suspendió el estudio por las molestias referidas por el paciente.

**Discusión:** En los años 70, Hawkins demostró la utilidad del CO<sub>2</sub> como contraste radiológico, sin embargo no se logró hacer estudios de calidad diagnóstica en vasos de gran calibre. Esta dificultad residió en la imposibilidad de inyectar gas a un débito constante. El desarrollo de bombas de inyección capaces y la mejora de los equipos radiológicos han hecho posible obtener imágenes diagnósticas en aorta abdominal y arterias de miembros inferiores.

**Palabras clave:** Contraste; angiografía; dióxido de carbono.

#### SUMMARY

**Purpose:** To present the preliminary results of lower limbs angiography using CO<sub>2</sub> as contrast medium.

**Patients and methods:** Lower limb angiography was carried out in 90 patients (75 male and 15 female). The CO<sub>2</sub> injection pump was a prototype developed in Florida University. The mean amount of contrast per patient was 418 cc. Integris 3.000 was the radiology equipment used. The mean time necessary to perform the angiography was 68 minutes.

**Results:** The angiographies were fully diagnostic in 76 % of the patients. There were no major complications and 3 patients referred important abdominal pain that obliged to stop the procedure.

**Discussion:** Hawkins started to use CO<sub>2</sub> as contrast agent in the 70s, however diagnostic images were difficult to obtain in large vessels. The development of gas injectors with constant flow and the improvement in the radiological equipments have enabled to get diagnostic images in abdominal aorta and lower limbs arteries.

**Key words:** Contrast media; angiography; carbon dioxide.

#### Introducción

El CO<sub>2</sub> comenzó a utilizarse como medio de contraste intravascular en 1971 por Hawkins (1), ampliándose paulatinamente su utilidad clínica a diversos niveles como el coronario (2), arterial periférico (3, 8), tumores hepáticos (9), shunts porto-cava (10) y fístulas de hemodiálisis (11).

Uno de los problemas más importantes que planteó y en alguna medida todavía plantea este gas, es la posibilidad de inyectarlo de forma homogénea a un flujo constante; para ello se han ido desarrollando diversos sistemas de bombas de inyección (12-15). Por otro lado, la mejora de los sistemas de computarización de imágenes de los equipos de angiografía por sustracción digital han ido facilitando la obtención de imágenes de calidad diagnóstica.

En este trabajo se incluyeron 90 estudios utilizando CO<sub>2</sub> como medio de contraste a pacientes con enfermedad arterial periférica para comprobar su eficacia diagnóstica en la realización de aortogramas abdominales y arteriografías de miembros inferiores.

## Pacientes y métodos

Desde febrero de 1994 a junio de 1995, se realizaron estudios angiográficos de miembros inferiores a 90 pacientes (75 hombres y 15 mujeres). La edad media de los pacientes fue de 62 años (42-87), todos presentaron clínica de isquemia crónica de miembros inferiores que se distribuyó según la clasificación de Fontaine en 52 pacientes con una isquemia grado IIb, 27 con grado III y 11 con grado IV. Cinco de los pacientes presentaban alergia al contraste yodado y 27 insuficiencia renal leve o moderada no sometidos a hemodiálisis. Todos los estudios se realizaron previa información y consentimiento de los pacientes.

El abordaje utilizado fue: femoral derecho (n= 58), femoral izquierdo (n= 25), y braquial izquierdo. (n= 7). En todos los pacientes se utilizó un catéter pigtail de 4 Fr. Como bomba de infusión del gas se usó un prototipo desarrollado en la Universidad de Florida. Este inyector está equipado con múltiples válvulas de chequeo que aseguran el control en la suelta del gas. El débito medio utilizado para la realización del aortograma abdominal fue de 60 cc. por segundo durante 2 segundos; en el resto de los sectores vasculares estudiados se inyectaron 40 cc. por segundo durante 2 segundos. La cantidad media de gas utilizado por paciente fue de 418 cc. Cuando se estudia-

ban los sectores poplíteo y distales de los miembros, se elevaron a 45 grados para facilitar el ascenso del gas hacia las partes más distales. Esto obligó a oblicuar el tubo de rayos para realizar una proyección frontal sobre los mismos.

El equipo radiológico utilizado para realizar los estudios es un Integris 3.000, equipado con un sistema de procesamiento informático especialmente diseñado para la interpretación de las imágenes obtenidas con CO<sub>2</sub> como medio de contraste.

El tiempo medio empleado por exploración fue de 68 minutos desde que el paciente entró en la sala hasta su salida.

Los estudios considerados no diagnósticos se completaron con contraste convencional, excepto en los pacientes que se indicaron por alergia al contraste yodado.

## Resultados

Los estudios resultaron diagnósticos en su totalidad en el 76 % de los pacientes (Fig. 1 a, b, c, d, e). De éstos, el 30 % de los pacientes presentaron las lesiones más importantes en el sector ilíaco, el 20 % fueron estenosis y el 10 % oclusiones, el 40 % presentaron lesiones en el sector fémoro-poplíteo, el 35 % eran oclusiones de la femoral superficial y/o poplíteo y el 5 % eran estenosis; la salida distal se vio afectada como lesión principal en el 30 % de los casos.

En el 20 % de los estudios, algunos territorios no ofrecían imágenes de suficiente calidad diagnóstica, de ellos el 8 % se situaba en el sector ilíaco, el 3 % en el femoral y el 9 % en la salida distal. En el 4 % de los pacientes, el estudio no fue concluyente en su totalidad debido a la falta de colaboración involuntaria del paciente (movimiento durante la prueba) que impidió la correcta adquisición de imágenes.

No se produjo ninguna complicación y en 3 casos (n=3) se suspendió el estudio por las molestias referidas por el paciente. Las molestias más frecuentes fueron dolor en abdomen y miembros inferiores (n=13) y sensación de calor (n=7).



Fig. A

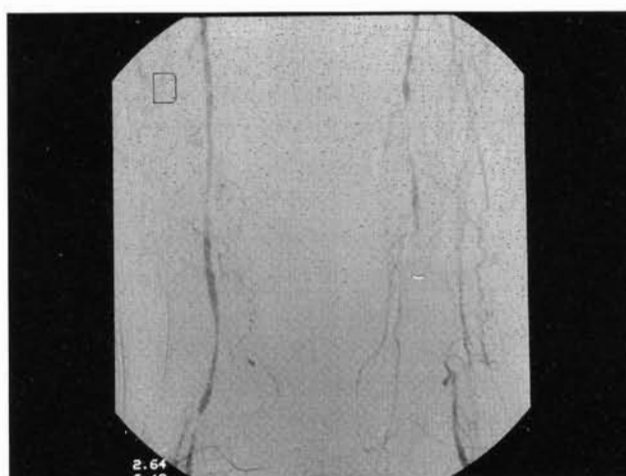


Fig. D



Fig. B

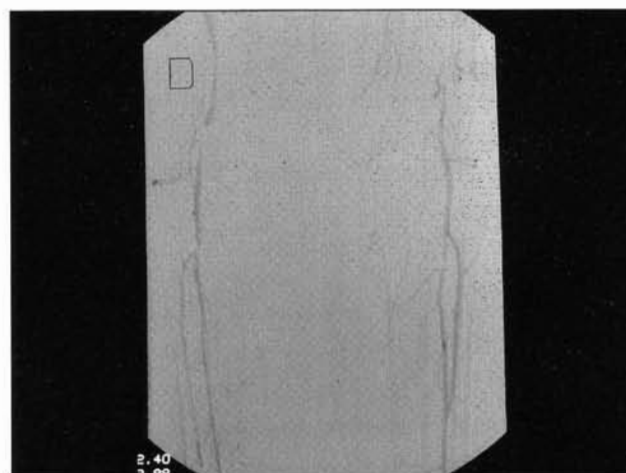


Fig. E



Fig. C

Fig. 1. Arteriografía diagnóstica realizada con CO<sub>2</sub> como contraste radiológico.

Fig. A. Aortograma.

Fig. B. Sector iliaco.

Fig. C. Sector femoral.

Fig. D. Sector poplíteo.

Fig. E. Salida distal.

## Discusión

La utilidad del CO<sub>2</sub> como medio de contraste intravascular fue demostrada por *Hawkins* en los años 70 (1), sin embargo presentaba como limitación fundamental la imposibilidad de hacer estudios de calidad diagnóstica en vasos de gran calibre.

Esta limitación viene dada, fundamentalmente, por la necesidad de una bomba que permita un alto flujo de inyección a un débito constante considerando que la compresibilidad es una característica física de los gases (16). El desarrollo de una bomba de inyección provista de un sistema de válvulas que permite una inyección constante del gas, ha permitido que este medio de contraste pueda ser utilizado en angiografías de aorta abdominal y miembros inferiores.

El hecho de necesitar técnicas de sustracción de imágenes por las características radiográficas del gas fue otra dificultad añadida que afectó durante mucho tiempo a la calidad de los estudios realizados con CO<sub>2</sub>. Inicialmente esta técnica se llevaba a cabo de forma manual alargando de forma considerable el tiempo de realización de los estudios. Los equipos de angiografía equipados de sistemas de sustracción digital implementados con programas informáticos capaces de procesar imágenes obtenidas en CO<sub>2</sub> han contribuido a que se obtengan imágenes de forma rápida y con alta calidad diagnóstica.

Los contrastes de baja osmolaridad han reducido de forma considerable la incidencia de complicaciones y el dolor durante la realización de los estudios angiográficos periféricos, sin embargo producen reacciones alérgicas y nefrotoxicidad. En comparación con los contrastes iónicos de alta osmolaridad, el precio de los contrastes no iónicos es muy superior, aumentando de forma considerable el costo de las exploraciones. El CO<sub>2</sub> posee como ventajas, en relación a los contrastes iodados, su bajo coste, a lo que hay que añadir la ausencia de reacciones alérgicas y la no repercusión en la función renal. El poder inyectar casi una cantidad ilimitada de CO<sub>2</sub> es otra de las ventajas que reúne este agente de contraste (17-19). Esto permite que los procedimientos vasculares diagnósticos y terapéuticos puedan ser llevados a cabo en un solo tiempo sin existir el riesgo de administrar una excesiva cantidad de medio de contraste.

El CO<sub>2</sub> es aproximadamente 20 veces más soluble que el O<sub>2</sub> en suero (20) y se elimina rápidamente por los pulmones. Su compresibilidad y baja viscosidad lo capacita para ser inyectado a través de catéteres de bajo calibre e incluso por canales de flujo de los angioscopios. Se ha visto, asimismo, que el CO<sub>2</sub> ocasionalmente brinda información que no ofrecen otros medios de contraste iodado. Aparentemente la baja viscosidad de este medio hace que ponga de manifiesto la existencia de flujo colateral y sangrados incluso en pequeñas cantidades. Esto se ha visto en hemorragias gastrointestinales que no han sido diagnosticadas por angiografía convencional pero que han sido bien demostradas con CO<sub>2</sub> (21). Ocasionalmente, lesiones vasculares con flujos muy lentos (por ejemplo hemangiomas cavernosos y tumores con largos lagos vasculares) se muestran como avasculares cuando se usa un contraste iodado, pero pueden parecer muy vascularizadas con CO<sub>2</sub> (21). Las comunicaciones arteriovenosas en tumores benignos se ponen mejor de manifiesto. El CO<sub>2</sub> también ha resultado útil como guía durante la realización de Shunt porto-cava, ya que al inyectarlo en la vena suprahepática, enclavada frecuentemente, se consigue el relleno de la vena porta (22).

En nuestro caso se han realizado 90 estudios con CO<sub>2</sub> como contraste, obteniéndose angiografías en su totalidad en el 76 % de los casos. Es interesante, también, el hecho de que la mayor parte de los estudios no satisfactorios se dieron en los inicios de la incorporación de la técnica y los resultados fueron mejorando conforme se adquiría mayor experiencia. Las causas de la baja calidad diagnóstica de estos estudios fueron la superposición de gas abdominal en el sector ilíaco, la oclusión de sectores proximales cuando se estudiaban sectores distales a la obstrucción y la falta de colaboración del paciente.

## Conclusiones

El CO<sub>2</sub> como contraste radiológico ha demostrado ser capaz de realizar estudios diagnósticos en el 76 % de nuestros pacientes. No se han producido complicaciones y el tiempo de realización del procedimiento no difiere sustancialmente del convencional. Este medio de contraste es de gran utilidad en pacientes

alérgicos al contraste yodado y en pacientes con insuficiencia renal.

## BIBLIOGRAFIA

1. HAWKINS, I. F.: Carbon dioxide digital subtraction arteriography. *AJR* 1982; 139: 19-24.
2. BENDIB, M.; TOUNI, M. BOUDJELLAB, A.: CO<sub>2</sub> angiography and enlarged CO<sub>2</sub> angiography in cardiology. *Ann Radiol. (Paris)* 1977; 20: 673-86.
3. KRASNY, R.; HOLLMANN, J. P.; GUNTHER, R. W.: Initial experiences with CO<sub>2</sub> as a gaseous contrast medium in digital subtraction angiography. *ROFO*, 1987; 146: 450-4.
4. MILLER, F. J.; MINEAU, D. E.; KOEHLER, P. R.; NELSON, J. A.; LUERS, P. D.; SHERRY, R. A.; LAWRENCE F. P.; ANDERSON, R. E.; KRUGER, R. A.: Clinical intra-arterial digital subtraction imaging. *Radiology*, 1983; 148: 273-8.
5. WEABER, F. A.; PENTECOST, M. J.; YELLIN, A. E.: Carbon dioxide digital subtraction arteriography: a pilot study. *Ann. Vasc. Surg.*, 1990; 4: 437-41.
6. CALVO CASCALLO, J.; MUNDI SALVADO, N.; CARDONA FONTANET, M.: DIVAS con dióxido de carbono en isquemia arterial severa y alergia a compuestos yodados. *Angiología*, 1993; 45: 41-4.
7. SEEGER, J. M.; SELF, S.; HARWARD, T. R.; FLYNN, T. C.; HAWKINGS, I. F. Jr.: Carbon dioxide gas as an arterial contrast agent. *Ann. Surg.*, 1993; 217: 688-98.
8. BETTMAN, M. A.; D'AGOSTINO, R.; JURAVSKY, L. I.; JEFFERY, R. F.; TOTTLE, A.; GOUDEY, C. P.: Carbon dioxide as an angiographic contrast agent. A prospective randomized trial. *Invest. Radiol.* 1994; 29 Suppl 2P: 45-6.
9. NAKAMURA, K.; LIN, M.; TAMAOKA, K.; HASHIMOTO, H.; KAMINOU, T.; TSUBAKIMOTO, M.; MANABE, T.; YAMADA, T.; MATSUOKA, T.; TAKASHIMA, S., et al.: Evaluation of intraarterial digital subtraction angiography usigin carbon dioxide in liver tumors. *Nippon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi*, 1987; 47: 1445-54.
10. REES, C. R.; NIBLETT, R. L.; LEE, S. P.; DAMOND, N. G.; CRIPPIN, J. S.: Use of carbon dioxide as a contrast medium for transyugular intrahepatic portosystemic shunt procedures. *J. Vasc. Interv. Radiol.*, 1994; 5: 383-6.
11. EHRMAN, K. O.; TABER, T. E.; GAYLORD, G. M.; BROWN, P. B.; HAGE, J. P.: Comparison of diagnostic accuracy with carbon dioxide versus iodinated contrast material in the imaging of hemodialysis access fistulas. *J. Vasc. Interv. Radiol.*, 1994; 5: 771-5.
12. KRASNY, R.; BESGEN, J.; BIRKENKAMP, H.; KLOSE, K. C.; GUNTHER, R. W.: Arterial DSA using CO<sub>2</sub> as a contrast medium: improvement of picture quality using a novel gas injector in an animal experiment. *ROFO*, 1990; 152: 425-9.
13. KONIG, T.; KRASNY, R.: CO<sub>2</sub> angiography: studies of gas filling of vessels and assessing the factors of influence on the injection process with a cardiovascular model. *Biomed. Tech. (Berlin)*, 1991; 36: 266-70.
14. POTT, H.; SCHMITZ-RODE, T.; BESGEN, J. H.; SCHIRMER, O.; WINTZ, T.: CO<sub>2</sub> angiography: measuring blood flow with injected gas bubbles. *Biomed Tech. (Berlin)*, 1992; 37: 254-62.
15. SCHMITZ-RODE, T.; ALZEN, G.; GUNTHER, R. W.; POTT, H.: CO<sub>2</sub> spray mini-injector for digital subtraction angiography versus PC-controlled injection system: experiments in dogs. *Cardiovasc. Intervent. Radiol.*, 1993; 16: 297-302.
16. HAWKINS, I. F.; KERNS, S. R.: Carbon dioxide digital subtraction angiography. En Cope C, ed. *Current techniques in interventional radiology. Philadelphia: Current Medicine*, 1994; 11.1-11.17.
17. MLANDINICH, C. R. J.; AKINS, E. W.; WEINGARTEN, K. E. et al.: Carbon dioxide as an angioscopic medium. Comparison to various methods of saline delivery. *Invest. Radiol.* 199; 26: 874.
18. SILVERMAN, S. H.; MLANDINICH, C. J.; HAWKINGS, I. F., et al.: The use of Carbon dioxide gas to displace flowing blood during angioscopy. *J. Vasc. Surg.*, 1989; 10: 313.
19. WEABER, F. A.; PENTECOST, M. J.; YELLIN, A. E., et al.: Clinical applications of carbon dioxide/digital subtraction arteriography. *J. Vasc. Surg.*, 1991; 13: 266.
20. OPPENHEIMER, M. J.; DURANT, T. M.; STAUFFER, H. M., et al.: In vivo visualization of intracardiac

- structures with gaseous carbon dioxide: Cardiovascular-respiratory effects and associated changes in blood chemistry. *Am. J. Physiol.*, 1956; 186: 325.
21. TAKEDA, T.; IKO, K.; YUASA, Y., et al.: Intraarterial digital subtraction angiography with carbon dioxide: superior detectability of arteriovenous shunting. *Cardiovasc. Intervent. Radiol.*, 1988; 11: 101-107.
22. KERNS, S. R.; HAWKINS, I. F.; SABATELLI, F. W.: Current status of carbon dioxide angiography. *Radiol. Clin. North. Am.*, 1995; 33: 15-29.