

# Estudio de las características anatomopatológicas y la seguridad de las lesiones producidas en la aurícula con dos diferentes sistemas de catéteres de punta irrigada en un modelo experimental

Ariel Socas, Antonio Hernández Madrid, José M. González Rebollo, José Manuel del Rey, Gonzalo Peña, Aníbal Rodríguez, Lucas Cano<sup>b</sup>, Carlos Correa<sup>a</sup>, Ana Isabel Ortiz Chercoles<sup>a</sup> y Concepción Moro

Servicio de Cardiología. Unidad de Arritmias. <sup>a</sup>Servicio de Cirugía Experimental. Hospital Ramón y Cajal. Departamento de Medicina. Universidad de Alcalá. Madrid. <sup>b</sup>Hospital Puerta del Mar. Cádiz.

**Introducción y objetivos.** Evaluar la seguridad y eficacia de las lesiones producidas en la aurícula por diferentes sistemas de irrigación de catéter. Se estudiaron las características anatomopatológicas de las lesiones producidas por 2 sistemas de punta irrigada, con circuito cerrado o abierto.

**Métodos.** Este estudio se realizó en 16 cerdos (29-57 kg) aplicando pulsos de radiofrecuencia de 60 s y 3 niveles de energía (15, 25, 50 W) y dos sistemas diferentes de irrigación: abierto y cerrado. Como control se empleó un grupo de 4 cerdos, a los que se había realizado ablación con catéter estándar. Se ubicaron los catéteres en la aurícula derecha lateral alta y baja donde se realizaron las aplicaciones. Los animales fueron sacrificados al séptimo día para estudio anatomopatológico.

**Resultados.** Se produjeron un total de 27 lesiones con catéteres irrigados (11 en circuito cerrado y 16 abierto) y 6 con estándar en el grupo control. No se encontraron diferencias significativas entre las lesiones producidas con los dos sistemas evaluados, aunque las lesiones del sistema cerrado fueron ligeramente mayores. Las lesiones producidas con catéteres irrigados fueron siempre superiores a las del grupo control. La transmuralidad en la pared auricular libre es frecuente con ambos sistemas irrigados. No observamos ningún caso de perforación de la pared auricular.

**Conclusiones.** No se observaron diferencias significativas en el tamaño de las lesiones producidas con los dos sistemas de irrigación. Estos datos del modelo animal pueden aportar información útil para la realización de procedimientos de ablación de taquicardias auriculares en humanos.

**Palabras clave:** Ablación. Ablación con catéter. Radiofrecuencia.

(*Rev Esp Cardiol* 2001; 54: 1283-1286)

Correspondencia: Dra. C. Moro.  
Unidad de Arritmias. Hospital Ramón y Cajal.  
Ctra. Colmenar Viejo, km 9,100. 28034 Madrid.  
Correo electrónico: cmoro@hrc.insalud.es

Recibido el 29 de enero de 2001.

Aceptado para su publicación el 23 de abril de 2001.

## Evaluation of the Anatomopathological Characteristics and the Safety of Radiofrequency Lesions at the Atrial Level with Two Different Systems of Irrigated Tip Catheters on an Experimental Level

**Introduction and objectives.** We performed this study to evaluate the security and efficacy in the lesions produced on the atrial wall by different irrigated catheters in an experimental model. We evaluated the anatomopathologic characteristics of the lesions produced by two different systems of irrigated tip catheters, with opened or closed circuit.

**Methods.** This study was performed in 16 pigs applying 60 sec radiofrequency pulses with three different energy levels (15, 25 y 50 Watts). Two different systems of radiofrequency ablation irrigated catheters were used, opened and closed. We used 4 pigs in which we performed ablation with a standard catheter as a control group. Under fluoroscopic guidance, catheters were placed on the high and low right atrial lateral wall, where lesions were produced. After 7 days, animals were sacrificed for anatomopathological study.

**Results.** A total of 27 lesions were performed with irrigated catheters (11 closed circuit and 16 opened) and 6 with standard catheters in the control group. We did not find significant differences in the lesion characteristics between the two different systems of irrigated tip catheter used, nevertheless lesions performed with the closed system were slightly greater. The lesions produced with irrigated catheters were always superior in the control group. Transmurality in the free atrial wall is frequent with both systems. We did not see any perforation in the atrial wall.

**Conclusions.** We did not find significant differences in the size of the lesions produced with the two systems of irrigated catheters used. These data from an experimental model can provide useful information for atrial tachycardia radiofrequency ablation procedures in humans.

**Key words:** Ablation. Catheter ablation. Radiofrequency.

(*Rev Esp Cardiol* 2001; 54: 1283-1286)

## INTRODUCCIÓN

Existen en la bibliografía datos que demuestran la utilidad de los catéteres de radiofrecuencia (RF) con punta irrigada en el tratamiento de las arritmias cardíacas.

**ABREVIATURAS**

RF: radiofrecuencia.

cas<sup>1,2</sup>. La mayor eficacia de estos sistemas frente a los catéteres estándar se fundamenta en un mayor tamaño de la lesión creada en el miocardio ventricular<sup>3-5</sup>. El enfriamiento de la punta del catéter se realiza mediante la infusión de solución salina durante la aplicación de RF. Existen dos diferentes sistemas de enfriamiento disponibles en la actualidad, el sistema abierto y el cerrado, según si la solución utilizada para refrigerar fluye o no hacia el torrente sanguíneo. Si bien existen estudios sobre la eficacia y seguridad de los catéteres de punta irrigada en el tratamiento de las arritmias ventriculares<sup>1,2</sup>, la información respectiva al empleo auricular de estos sistemas es menor<sup>6</sup>. El propósito de este estudio fue evaluar las características anatomopatológicas de las lesiones producidas por los 2 diferentes sistemas de catéteres de punta irrigada en la pared auricular libre en un modelo animal experimental *in vivo*, comparándolo con un grupo control de ablación realizada con catéter estándar.

**MATERIAL Y MÉTODO****Preparación experimental**

El protocolo experimental fue aprobado por el comité del hospital y siguió las guías de cuidados estándares de animales para experimentación. Se estudiaron 16 cerdos con un peso entre 29 y 57 kg como grupo de catéteres irrigados y 4 cerdos con peso entre 32 y 47 kg como grupo control. Se anestesiaron los animales con 25 mg/kg intravenosos de pentobarbital, y *a posteriori* se realizó intubación endotraqueal y asistencia respiratoria mecánica. La anestesia general se mantuvo con isoflurano. Se canalizaron la vena yugular derecha y la arteria y vena femorales derechas. Se realizó monitorización electrocardiográfica y se analizaron los electrogramas endocavitarios en un polígrafo multicanal (Cardiac Pathways Corp, Sunnyvalley, CA, EE.UU.).

**Material empleado para la ablación****Catéteres**

Se utilizaron 2 sistemas diferentes de catéteres irrigados. El sistema cerrado, en el que la circulación de la solución refrigerante es interna, y el sistema abierto, con perfusión al exterior y por tanto con contacto con el torrente sanguíneo. El medio de enfriamiento fue suero salino (0,9%) a temperatura ambiente. El catéter estándar utilizado en los 4 animales del grupo control fue un catéter de 4 mm Marinr (Medtronic CardioRhythm, EE.UU.).

**Sistema cerrado.** El sistema de circuito cerrado utilizado fue el correspondiente al catéter Chilli® Cooled Ablation Catheter (Cardiac Pathways Corp, Sunnyvalley, CA, EE.UU.). Es un catéter cuatripolar, con electrodo distal de 4 mm, de platino iridio, que contiene una luz interna para la circulación de suero salino hacia la punta del electrodo. Una bomba de infusión (modelo 8004, Cardiac Pathways) hace circular el suero salino a través del electrodo, con una velocidad de infusión de 36 ml/min. La monitorización de la temperatura se realiza con un sensor de termopar ubicado en la punta del electrodo.

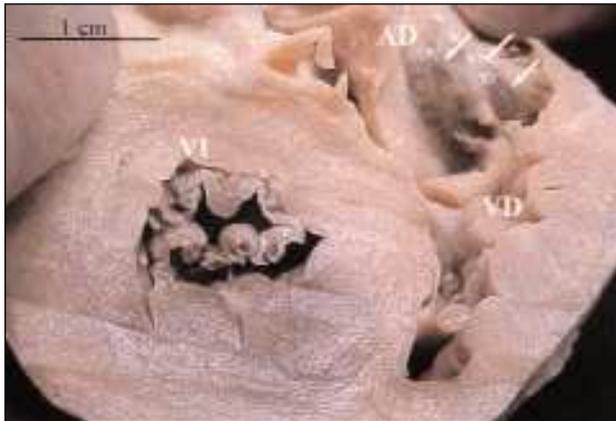
**Sistema abierto.** Se empleó un catéter Sprinkler® (Medtronic CardioRhythm, EE.UU.). En la parte distal del electrodo, de punta también de 4 mm, existen 6 orificios para la salida del suero salino y, por consiguiente, poder enfriar la punta del electrodo. Con este sistema, el suero fluye directamente a la sangre. Previo a su introducción se debe realizar un test de permeabilidad del sistema de infusión. Se empleó una velocidad de infusión de 20 ml/min.

**Protocolo de ablación por radiofrecuencia**

Uno de los 2 tipos de catéteres de punta irrigada fue utilizado de forma aleatorizada en cada animal y fue introducido en el mismo bajo control fluoroscópico. Se aplicaron 2 lesiones en la pared libre de la aurícula derecha, una de ellas en el lateral alto y la otra en el lateral bajo. Se aplicaron pulsos de 60 s de duración en cada punto, con una energía seleccionada de forma aleatorizada en los siguientes niveles: 15, 25 o 50 W. En caso de interrupción precoz de la aplicación se procuró administrar al menos un tiempo total superior a 30 s en el mismo nivel. En el caso de los catéteres estándar se empleó control de temperatura, prefijada a 70 °C, con límite superior de energía de 50 W. Los generadores de RF empleados fueron Atakr (Medtronic, Minneapolis, EE.UU.) y un modelo 8004 de Cardiac Pathways. La aplicación fue interrumpida si ocurría un aumento brusco de la impedancia. La RF se aplicó entre la punta del electrodo y un parche indiferente en piel. Para cada aplicación se registraron el voltaje, la corriente, la energía, la temperatura y la impedancia.

**Anatomía patológica**

El corazón fue explantado una semana después de la ablación y fue conservado en una solución de formol al 10% hasta su procesamiento. Tras examinar la superficie epicárdica para objetivar la transmuralidad de las lesiones, las cámaras auriculares fueron abiertas y se examinaron las características macroscópicas de las lesiones. Se realizaron múltiples cortes transversales del corazón para el análisis de las dimensiones de la lesión. La anchura, longitud y profundidad de las lesiones se midieron con un compás. El volumen se calculó a partir de las 3 dimensiones en cada corte.



**Fig. 1.** Aspecto macroscópico de una lesión producida por catéteres de punta irrigada con sistema cerrado. La lesión estaba situada en la cara lateral de la aurícula derecha. En este caso se aplicó la energía de radiofrecuencia durante 9, 11 y 19 s, siendo interrumpidas las dos primeras por aumento de impedancia y temperatura, y la última por aumento de impedancia. La potencia empleada fue de 50 Watos y la temperatura osciló entre 38-50 °C. Nótese la ausencia de *cratering*.



**Fig. 2.** Aspecto macroscópico de una lesión producida por un catéter de punta irrigada con sistema abierto. En este caso se muestra la superficie epicárdica de una lesión transmural en la orejuela derecha. El diámetro máximo de la lesión es de casi 1 cm. En este caso sólo se aplicaron 15 W, manteniendo una temperatura de aproximadamente 37 °C durante 60 s. El contacto del catéter con el endocardio era óptimo.

**Estadística**

Los datos se expresan como media ± desviación estándar. El test de la t de Student se empleó para la comparación del tamaño de las lesiones para cada sistema de catéteres utilizado. Se consideraron estadísticamente significativos los valores de  $p < 0,05$ .

**RESULTADOS**

Se estudiaron un total de 27 lesiones realizadas en 16 cerdos empleando los dos diferentes sistemas de catéteres de punta irrigada y seis en el grupo control, con 4 cerdos. No se pudieron apreciar con claridad las lesiones correspondientes a 5 aplicaciones del grupo irrigado y dos del grupo control. Se observó transmuralidad en el 81% de las lesiones realizadas con catéteres de punta irrigada con sistema cerrado (fig. 1), en el 75% de los casos con catéteres de sistema abierto (fig. 2) y en el 50% de las lesiones creadas con catéteres estándar. No hubo diferencias significativas en las características de las lesiones entre ambos sistemas de irrigación, siendo ambas superiores a las creadas con los catéteres estándar (tabla 1). Si bien el tamaño de la muestra es reducido, no se observó correlación entre la energía aplicada y el tamaño de la lesión. Esto podría explicarse por el diferente grado de contacto del catéter con la pared auricular (tabla 2).

**Tamaño de las lesiones**

El examen macroscópico del corazón puso de manifiesto las lesiones producidas por la RF, como áreas equimóticas en las superficies endocárdica o epicárdica. Se encontraron un total de 11 lesiones producidas

con el sistema de catéteres cerrado, 16 con el sistema abierto y cuatro realizadas con los catéteres estándar. No se observaron diferencias significativas en el tamaño de las lesiones producidas con ambos sistemas de catéteres irrigados, aunque las lesiones creadas con el sistema cerrado fueron ligeramente mayores que las producidas con el sistema de irrigación abierto.

**TABLA 1. Características anatomopatológicas de las lesiones producidas**

	Cerrado	Abierto	Estándar	p cerrado frente a abierto
Lesiones (n)	11	16	6	-
Transmuralidad, %	81	75	50	NS
Cráter, %	27	25	16	NS
Profundidad (mm)	1,7 ± 0,8	1,7 ± 0,9	1,2 ± 0,4	NS
Ø mayor (mm)	8,4 ± 4,3	7,8 ± 2,4	4,1 ± 0,3	NS
Ø menor (mm)	6,7 ± 3,5	5,8 ± 1,9	3,7 ± 0,2	NS
Trombos	0	0	0	NS
Perforación	0	0	0	NS
Volumen (µl)	234 ± 232	204 ± 216	125 ± 37	NS

Ø: diámetro.

**TABLA 2. Características de las lesiones según los diferentes niveles de energía. Empleados con los catéteres irrigados**

	15 W	25 W	50 W	p (entre las 3)
Lesiones (n)	9	7	11	NS
Ø mayor, mm	9 ± 3,2	6,8 ± 2,6	8,1 ± 3,2	NS
Ø menor, mm	6,7 ± 2,9	5,1 ± 0,8	6,4 ± 2,4	NS
Volumen, µl	118 ± 61	53 ± 51	123 ± 136	NS

Ø: diámetro.

## DISCUSIÓN

Los catéteres de ablación con punta irrigada han sido utilizados con eficacia y seguridad para el tratamiento de la taquicardia ventricular<sup>1,2</sup>, y existe experiencia en el tratamiento del aleteo auricular refractario a la ablación por RF con catéteres estándar<sup>6</sup>. El desarrollo de esta tecnología responde a la búsqueda de un incremento en el tamaño de la lesión producida por los catéteres de ablación. El enfriamiento de la punta del catéter durante la ablación por RF con control de temperatura disminuye el calor de la punta del catéter, dando como resultado un mayor gradiente de temperatura entre el tejido y la punta del catéter, permitiendo una mayor entrega de energía y, en consecuencia, un mayor tamaño de la lesión<sup>7-10</sup>.

Existen diferentes técnicas de enfriamiento activo de la punta del catéter: el sistema cerrado, en el que el circuito está completamente dentro del catéter, y el sistema abierto, en el que la solución de salino fluye desde el catéter al exterior, es decir al torrente sanguíneo. Los estudios experimentales han demostrado que se pueden producir lesiones más profundas y anchas con ambos sistemas de catéter. La irrigación con salino mantiene una temperatura tisular en la interfaz con el electrodo, permitiendo una mayor liberación de energía.

El centro de máxima temperatura se mueve hacia capas más profundas del miocardio y, por tanto, la transmuralidad es mucho más frecuente, sin aumentar la incidencia de erosión de la superficie endotelial<sup>7-10</sup>. Conviene recordar que el sensor de temperatura del propio electrodo no reflejará exactamente la temperatura máxima alcanzada, sino la de la punta del propio electrodo, debido a la propia irrigación del electrodo.

Una limitación importante de los estudios publicados previamente sobre las lesiones con los catéteres irrigados es el propio modelo experimental utilizado, generalmente *in vitro*, con un mayor grado de control sobre todos los parámetros de la RF que el que se presenta en condiciones normales del laboratorio de electrofisiología. En el hombre, la posición óptima puede ser difícil de alcanzar, así como el control de la presión, el contacto o la propia orientación del catéter, etc., todo lo cual puede producir una mayor desproporción entre la lesión obtenida y los datos técnicos de la propia aplicación. Nuestro modelo experimental reproduce casi perfectamente las condiciones clínicas en el humano: peso del animal, peso del corazón, situación anatómica, incluyendo por supuesto el mismo material técnico general.

Los datos obtenidos de nuestro estudio permiten afirmar que las lesiones auriculares creadas con catéteres de ablación por RF de punta irrigada son transmuralas en la mayoría de los casos en un modelo experimental porcino, a diferencia de las creadas con los catéteres estándar. Asimismo, la ausencia de casos de perforación cardíaca en nuestra serie aporta información respecto a la seguridad de estos sistemas en la pared libre

auricular, a pesar de ser de menor espesor que la ventricular. Nuestros hallazgos ofrecen información útil para la ablación por RF con catéteres de punta irrigada en el tratamiento de arritmias auriculares en humanos; en particular, aquellas formas refractarias a terapéutica por ablación por RF con catéteres estándar o que, por presentar diferentes sitios de salida en un mecanismo reentrante, requieran lesiones de mayor tamaño.

## CONCLUSIONES

No se observaron diferencias significativas en las lesiones producidas en la pared de la aurícula derecha con los dos diferentes sistemas de refrigeración de punta del catéter evaluados. Las lesiones producidas en la pared auricular con ambos catéteres son generalmente transmuralas. La ausencia de perforación y el escaso porcentaje de cráteres observado con ambos sistemas sugiere que los catéteres de punta irrigada pueden ser utilizados con relativa seguridad en el tratamiento de arritmias auriculares.

## BIBLIOGRAFÍA

- Petersen HH, Chen X, Pietersen A, Svendsen JH, Haunso S. Temperature-controlled irrigated tip radiofrequency catheter ablation: comparison of in vivo and in vitro lesion dimensions for standard catheter and irrigated tip catheter with minimal infusion rate. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1998; 9: 409-414.
- Calkins H, Epstein A, Packer D, Arria A, Hummel J, Gilligan DM et al. Catheter ablation of ventricular tachycardia in patients with structural heart disease using cooled radiofrequency energy: results of a prospective multicenter study. Cooled RF Multi Center Investigators Group. *J Am Coll Cardiol* 2000; 35: 1905-1914.
- Skurmeda L, Mehra R. Comparison of standard and irrigated radiofrequency ablation in the canine ventricle. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1998; 9: 1196-1205.
- Nibley C, Sykes CM, McLaughlin G, Chapman T, Rowan R, Wolf P et al. Myocardial lesion size during radiofrequency current catheter ablation is increased by intra-electrode tip chilling. *Circulation* 1994; 90: 1485.
- Hernández MA, del Rey José M, González Rebollo JM, Álvarez MT, Correa C, Chercoles AIO et al. Correlación anatomopatológica y bioquímica de las lesiones producidas por la radiofrecuencia con catéteres estándar e irrigados de 4 mm. *Rev Esp Cardiol* 2000; 53: 1347-1355.
- Jaïs P, Shah DC, Haissaguerre M, Hocini M, Garrigue S, Le Metayer P et al. Prospective randomized comparison of irrigated-tip versus conventional-tip catheters for ablation of common flutter. *Circulation* 2000; 101: 772-776.
- Otomo K, Yamanashi WS, Tondo C, Antz M, Bussey J, Pitha JV et al. Why a large tip electrode makes a deeper radiofrequency lesion: effects of increase in electrode cooling and electrode-tissue interface area. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1998; 9: 47-54.
- Wharton J, Nibley C, Sykes C, Rowan R, McLaughlin G, Chapman T et al. Establishment of a dose-response relationship for high power chilled-tip radiofrequency current ablation in sheep. *J Am Coll Cardiol* 1995; 293A: 777-783.
- Ruffy J, Imran M, Santel D, Wharton M. Radiofrequency delivery through a cooled catheter tip allows the creation of larger endomyocardial lesions in the ovine heart. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1995; 6: 1089-1096.
- Petersen H, Chen X, Pietersen A, Svendsen J, Haunso S. Tissue temperatures and lesion size during irrigated tip catheter radiofrequency ablation. *PACE* 2000; 23: 8-17.