



## Modelo experimental de correlación potencia-tiempo-daño de los efectos de la radiofrecuencia

Gustavo Gabriel Mendieta-Alcántara,\* Hugo Mendieta-Zerón\*\*

### RESUMEN

**Introducción:** La radiofrecuencia es la terapéutica de primera elección para tratar una amplia variedad de arritmias. **Objetivo:** Demostrar que la radiofrecuencia produce daño limitado y determinar la correlación entre potencia-tiempo-daño. **Material y métodos:** Estudio prospectivo, experimental. Se conformaron dos grupos de once perros cada uno. A través de la vena femoral derecha se introdujo un electrocatéter, colocando la punta en la cavidad auricular derecha. Por medio de control digital, se emitió una descarga con potencia y tiempo previamente seleccionados. El área de necrosis se midió microscópicamente. El análisis estadístico se hizo con modelo parabólico. **Resultados:** En el modelo parabólico con tiempo constante, el error estándar fue de 0.3750. **Conclusiones:** Los resultados confirman que las lesiones producidas por la radiofrecuencia son limitadas y predecibles, y sugieren que el área de lesión parece correlacionar mejor con la potencia en un modelo parabólico.

**Palabras clave:** Radiofrecuencia, arritmias, energía, tiempo, correlación.

### ABSTRACT

**Introduction:** Radiofrequency is the first choice therapeutic option to treat specific arrhythmias. **Objective:** To demonstrate that radiofrequency can produce limited damage and to determine the correlation among power, time and the damaged area. **Methods:** Prospective, experimental study. Twenty two dogs were divided into two groups. The right femoral vein was dissected to introduce an electrocatheter, placing it in the right atrium. With digital control it was emitted a discharge with power and time previously chosen. The necrotic area was measured microscopically. The statistical analysis was made with the parabolic model. **Results:** In the parabolic model with constant time, the standard error was of 0.3750. **Conclusions:** The results confirms that the lesions produced by radiofrequency are limited, and predictable, and suggests that the lesioned area appears to correlate better with the power in the parabolic model.

**Key words:** Radiofrequency, arrhythmias, power, time, correlation.

### INTRODUCCIÓN

La radiofrecuencia es una técnica ampliamente utilizada como primera elección para el tratamiento de un gran número de arritmias.<sup>1</sup> Las lesiones producidas por esta técnica son pequeñas<sup>2</sup> y con bordes bien delimitados;<sup>3</sup> no obstante, la extensión del tejido quemado depende de ciertos factores, entre los que se encuentran: a) modo del circuito (uni o bipolar), b) energía liberada,

c) temperatura tisular, d) duración de la coagulación, e) impedancia tisular, f) contacto del electrodo con el tejido, g) forma y tamaño del electrodo.

Naccarelli y colaboradores<sup>4</sup> introdujeron catéteres 6-French en el endocardio ventricular derecho e izquierdo de 11 perros heparinizados. Dos a nueve días más tarde, en el estudio de necropsia, se identificaron lesiones en la pared libre de cinco de 11 ventrículos derechos y en nueve de 11 ventrículos izquierdos; también en la región apical de siete de 11 ventrículos derechos y en 11 de 11 ventrículos izquierdos. El tamaño de la lesión tuvo un rango de 4-8 mm de profundidad y 3-9 mm de diámetro, sin hallar correlación con la energía liberada.

\* Hospital del Niño. Desarrollo Integral de la Familia (DIF). Toluca, México.

\*\* Centro Médico Nacional "20 de Noviembre". ISSSTE.

Petersen y asociados<sup>5</sup> estudiaron el efecto del calentamiento por energía convectiva en la punta del electrocatéter durante la ablación por radiofrecuencia con temperatura controlada, concluyendo que, para una temperatura determinada, la energía consumida se relaciona directamente con el volumen de la lesión.

Avitall y su grupo<sup>6</sup> evaluaron la dimensión de la lesión, así como los cambios en impedancia y temperatura mientras controlaban los niveles de energía (10, 20 y 30 watts). Concluyeron que la profundidad de la lesión parece correlacionar mejor con la impedancia que con la temperatura.

Se reportan diferencias en la lesión, dependiendo del flujo sanguíneo. También se ha determinado que un aumento en el tamaño del electrodo permite un incremento en la profundidad de la lesión.<sup>7</sup>

El incremento en el diámetro de la lesión y en la profundidad correlaciona bien con la disminución de impedancia y aumento de la temperatura; en cualquier caso, es crítico un adecuado contacto electrodo-tejido.<sup>6</sup>

*In vitro*, la energía liberada y el tiempo de exposición parecen ser particularmente importantes para la producción del daño tisular. No obstante, estas observaciones no se han corroborado *in vivo*.<sup>8</sup> También es necesario mencionar que el control de la energía permanece en un plano controversial, directamente relacionada con la lesión endocárdica.<sup>8</sup>

## MATERIAL Y MÉTODOS

El manejo de los animales se hizo de acuerdo al *Guide for the care and Use of Laboratory Animals*, publicado por los *US National Institutes of Health (NIH Publication No. 85-23, revised 1996)*.

Tipo de estudio: Prospectivo, experimental, aleatorizado.

### Procedimiento

Veintidós perros, con peso en rango de 12-24 kg, fueron distribuidos de manera aleatoria en dos grupos. Al primer grupo se le asignó un tiempo constante de exposición de cinco segundos y energía variable; al segundo grupo se le asignó una energía constante de 50 watts y tiempo de exposición variable (*Cuadro I*). Todos los procedimientos de ablación por radiofrecuencia se efectuaron en la misma Unidad de Cirugía Experimental de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Toluca, México.

Se disecó la vena femoral derecha para introducir un electrocatéter 5-French (*DAIG, St. Jude Medical*

*Company*); al mismo tiempo se expuso el corazón por medio de toracotomía para visualización de la colocación de la punta del catéter en la aurícula derecha. Con control digital y bajo visualización directa, se emitió una descarga de radiofrecuencia de acuerdo a los parámetros establecidos para cada grupo.

Para verificar el funcionamiento adecuado del aparato de radiofrecuencia, se usó un osciloscopio con monitor para medir la cantidad exacta de energía emitida y sus posibles variaciones. La duración del impulso se controló con un interruptor digital.

El circuito se cerró con una placa usada como electrodo inactivo colocada en la región dorsal del perro (técnica unipolar).

Inmediatamente después de la descarga de radiofrecuencia, los animales fueron sacrificados. Los corazones se pesaron y se fijaron en formol, realizándose posteriormente cortes histológicos en el plano horizontal del área de daño, para teñirlos con hematoxilina-eosina con el objetivo de evaluar la necrosis.

La interpretación de las laminillas fue realizada por un patólogo del Servicio de Patología de la Facultad de Medicina de la UAEM y del Hospital General de Zona 220 del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), con el objetivo 10x y el ocular 10x, con metodología de ciego simple, ignorando el patólogo la relación de las secciones del tejido y los patrones de energía y tiempo usados.

La medición del tamaño de la lesión se efectuó con microscopio de luz (*Leica Micro Star IV*) conectado a un monitor Sony. En vista de que las lesiones adquirieron una forma circular, el área de las mismas se calculó con la fórmula:  $\text{área} = \pi r^2$ , donde:  $\pi$  es Pi (3.14159) y r significa el radio del círculo.

**Cuadro I.** Parámetros usados.

Perro	Grupo 1	Grupo 2
1	0 W - 5 seg	50 W - 0 seg
2	10 W - 5 seg	50 W - 1 seg
3	20 W - 5 seg	50 W - 2 seg
4	30 W - 5 seg	50 W - 3 seg
5	40 W - 5 seg	50 W - 4 seg
6	50 W - 5 seg	50 W - 5 seg
7	60 W - 5 seg	50 W - 6 seg
8	70 W - 5 seg	50 W - 7 seg
9	80 W - 5 seg	50 W - 8 seg
10	90 W - 5 seg	50 W - 9 seg
11	100 W - 5 seg	50 W - 10 seg

Seg = segundos; W = watts.

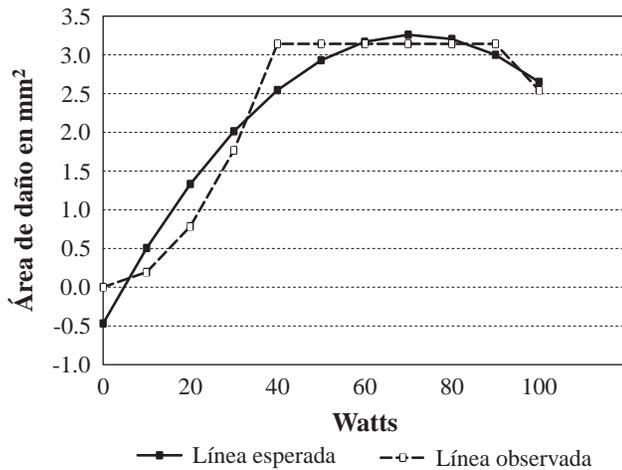


Figura 1. Modelo de correlación parabólica entre potencia y área de daño en el grupo 1.

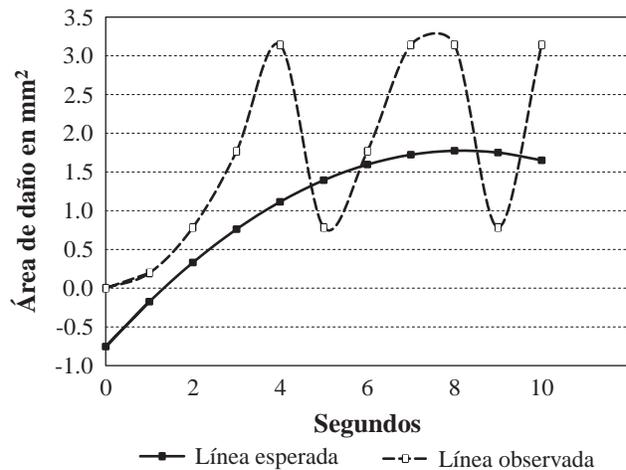


Figura 2. Modelo de correlación parabólica entre tiempo y área de daño en el grupo 2.

Análisis estadístico

Se hizo con SPSS 10 y la representación de las gráficas con Excel. Variables independientes: energía (watts) y tiempo (segundos). Variable dependiente: daño tisular (área necrótica). La estadística descriptiva se hizo expresando los datos con promedios y error estándar con intervalo de confianza (IC) del 95% para el área de daño.

Para la estadística inferencial se usó el modelo de correlación parabólica. Se consideró una correlación significativa mayor de 0.7 y significancia estadística con valor de  $p < 0.05$ .

RESULTADOS

Estadística descriptiva: En el grupo 1, el promedio del área de daño fue de 2.195 mm² (IC de 95%, rango 1.658-2.731); en el grupo 2, el promedio del área de daño fue de 1.696 mm² (IC de 95%, rango 1.167-2.224), sin diferencia estadísticamente significativa.

Para las 22 áreas, el promedio del área de daño fue de 1.945293 mm² (IC de 95%, rango 1.415-2.476).

Estadística inferencial: Siguiendo el modelo parabólico, la ecuación de regresión en el grupo 1 fue:  $y_c = (-0.4692) + (0.1048x) + (-0.0007x^2)$ , donde: "y<sub>c</sub>" es el área de daño esperada, y "x" significa energía (Figura 1). El error estándar fue de 0.3750. La ecuación de regresión en el grupo 2 fue:  $y_c = (-0.0755) + (0.6186x) + (-0.378x^2)$  (Figura 2). El error estándar fue de 4.73230157.

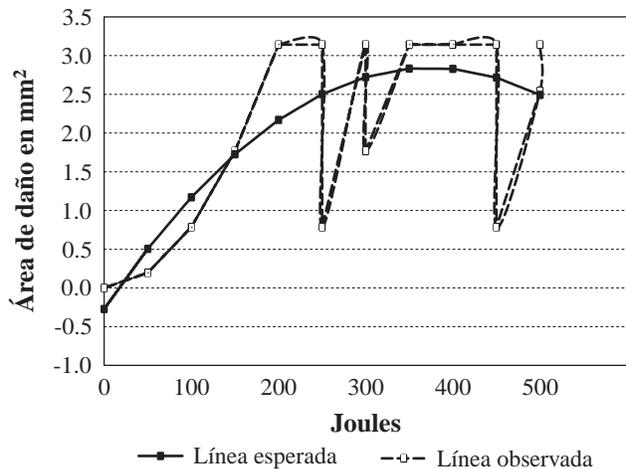


Figura 3. Modelo de correlación parabólica entre energía y área de daño en el grupo en general.

La correlación parabólica con todos los valores fue:  $y_c = (-0.274) + (0.0167x) + (-2.227x^2)$  (Figura 3), con un error estándar de 1.079.

DISCUSIÓN

Es necesario mencionar que nuestro trabajo buscó la correlación que pudiera existir entre el área lesionada, la energía y el tiempo de emisión de la descarga de radiofrecuencia, análisis que no se hizo en estudios previos.<sup>11-13</sup> En búsqueda de esa correlación, usamos tiempos de exposición menores que los reportados, manteniéndolos constantes en un grupo y con cambios en otro. Por el contrario, la energía se

modificó en los perros del primer grupo y se mantuvo constante en el segundo. Como podemos apreciar en el *cuadro 1*, los joules fueron iguales en ambos grupos (joules = watts x segundos).

La observación más importante es que, aunque el promedio del área de daño es similar en ambos grupos, la fuerza de correlación es mayor en el grupo en el que la energía varía y el tiempo permanece constante (grupo 1).

En el grupo 2, el área lesionada varía de manera tan errática que las áreas pueden ser menores o mayores, indistintamente de que el tiempo de exposición se incremente. Por supuesto esto se hace evidente en un menor coeficiente de correlación.

### CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de nuestro estudio, la radiofrecuencia presenta una débil correlación con el tiempo y moderada con la energía, la cual podemos predecir de cierta manera usando un modelo parabólico.

Se necesitan hacer estudios subsecuentes para confirmar estos datos y también para demostrar si distintos tiempos de supervivencia en animales de experimentación pueden influir en estas correlaciones.

Reforzamos las conclusiones que ya se han hecho de que la radiofrecuencia produce un daño limitado, controlable y predecible.<sup>5-7,9,12,13</sup>

### AGRADECIMIENTOS

A la Coordinación de Investigación de la Universidad Autónoma del Estado de México por el apoyo financiero para llevar a cabo este estudio.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Zipes DP, DiMarco JP, Gillette PC, Jackman WM, Myerburg RJ, Rahimtoola SH et al. Guidelines for clinical intracardiac electrophysiological and catheter ablation procedures. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Clinical Intracardiac Electrophysiology and Catheter Ablation Procedures), developed in collaboration with the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *J Am Coll Cardiol* 1995; 26 (2): 555-573.
2. Nakagawa H, Wittkampf FH, Yamanashi WS, Pitha JV, Imai S, Campbell B et al. Inverse relationship between electrode size and lesion size during radiofrequency ablation with active electrode cooling. *Circulation* 1998; 98 (5): 458-465.

3. Miles WM, Klein LS, Hackett FK. Catheter ablation for cardiac arrhythmias. *Cur Op Cardiol* 1993; 8 (1): 75-87.
4. Nacarelli GV, Kuck KH, Pitha J, Carmen L, Jackman WM. Selective catheter ablation of canine ventricular myocardium with radiofrequency current. *ACC* 1987; 9 (2): 99-A.
5. Petersen HH, Chen X, Pietersen A, Svendsen JH, Haunso S. Lesion size in relation to ablation site during radiofrequency ablation. *Pac Clin Electrophysiol* 1998; 21 (1, pt 2): 322-326.
6. Avitall B, Mughal K, Hare J, Helms R, Krum D. The effects of electrode tissue contact on radiofrequency lesion generation. *Pac Clin Electrophysiol* 1997; 20 (12, pt 1): 2899-2910.
7. 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 (1): 47-54.
8. Haverkamp W, Hindricks G, Gulker H, Rissel U, Pfennings W, Borggrefe M, Breithardt G. Coagulation of ventricular myocardium using radiofrequency alternating current: biophysical aspects and experimental findings. *Pac Clin Electrophysiol* 1989; 12 (1, pt 2): 187-195.
9. Wittkampf F, Hauer R, Robles de Medina E. Control of radiofrequency lesion size by power regulation. *Circulation* 1989; 80 (4): 962-968.
10. Iturralde TP, Colín LL, Guevara VM, Rodríguez CL, Kersh-enovich SS. Experiencia en 1,500 pacientes sometidos a ablación con radiofrecuencia en el tratamiento de las taquicardias. *Arch Inst Cardiol Mex* 2000; 70: 349-366.
11. Jackman WM, Kuck KH, Naccarelli GV, Carmen L, Pitha J. Radiofrequency current directed across the mitral annulus with a bipolar epicardial-endocardial catheter electrode configuration in dogs. *Circulation* 1988; 78 (5, pt 1): 1288-1298.
12. Ko WC, Huang SK, Lin JL, Shau WY, Lai LP, Chen PH. New method for predicting efficiency of heating by measuring bioimpedance during radiofrequency catheter ablation in humans. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2001; 12 (7): 819-823.
13. Anfinson OG, Kongsgaard E, Foerster A, Aass H, Amlie JP. Radiofrequency current ablation of porcine right atrium: increased lesion size with bipolar two catheter technique compared to unipolar application *in vitro* and *in vivo*. *Pac Clin Electrophysiol* 1998; 21: 69-78.

*Dirección para correspondencia:*

**Dr. Hugo Mendieta Zerón**  
Felipe Villanueva sur 1209  
Colonia Rancho Dolores  
50170 Toluca, México.  
Tel: 01-722-2176605  
E. mail: mezh\_74@yahoo.com