

## Análisis espectral de la fibrilación ventricular sostenida y no sostenida en portadores de desfibrilador implantable

Juan José Sánchez Muñoz<sup>a</sup>, José Luis Rojo Alvarez<sup>b</sup>, Arcadi García Alberola<sup>a</sup>, Jesús Requena Carrión<sup>b</sup>, Estrella Everss<sup>b</sup>, Mercedes Ortiz<sup>c</sup>, Juan Martínez Sánchez<sup>a</sup> y Mariano Valdés Chávarri<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Unidad de Arritmias. Servicio de Cardiología. Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca. Murcia. España.

<sup>b</sup>Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones. Universidad Rey Juan Carlos. Fuenlabrada. Madrid. España.

<sup>c</sup>Unidad de Arritmias. Servicio de Cardiología. Hospital Universitario Gregorio Marañón. Madrid. España.

Los mecanismos de mantenimiento y finalización de la fibrilación ventricular (FV) son poco conocidos. El objetivo del estudio es comparar las características espectrales de la señal eléctrica de la FV sostenida y no sostenida en pacientes portadores de desfibrilador implantable. Se incluyó a 51 pacientes con al menos un episodio de FV sostenida (de más de 5 s y que precisara choque) y no sostenida (de más de 3 s y terminación espontánea) registrados por el dispositivo en configuración monopolar. Se realizó un análisis espectral de los primeros 3 s de cada episodio. La frecuencia dominante fue mayor en las FV sostenidas ( $4,6 \pm 0,7$  frente a  $4,3 \pm 0,6$  Hz en las no sostenidas;  $p = 0,01$ ), y los demás parámetros fueron similares. Durante los primeros 3 s, si bien las características espectrales son parecidas, hay diferencias utilizables en algoritmos de detección precoz de FV no sostenida.

**Palabras clave:** Fibrilación ventricular. Desfibrilador. Análisis espectral.

### Spectral Analysis of Sustained and Non-Sustained Ventricular Fibrillation in Patients With an Implantable Cardioverter-Defibrillator

The mechanisms responsible for the maintenance and termination of ventricular fibrillation (VF) are poorly understood. The aim of this study was to compare the spectral characteristics of the electrical signal during sustained and non-sustained VF in patients with an implantable cardioverter-defibrillator. The study included 51 patients who had had at least one episode of sustained VF (i.e., duration >5 s and requiring shock administration) and non-sustained VF (i.e., duration >3 s and spontaneously terminated) that were recorded by the device set in a unipolar configuration. Spectral analysis of the first 3 s of each episode was performed. The dominant frequency was higher in sustained VF ( $4.6 \pm 0.7$  Hz) than in non-sustained VF ( $4.3 \pm 0.6$  Hz;  $P = .01$ ), while the other parameters were similar. Although the spectral characteristics of sustained and non-sustained VF were similar, differences were observed during the first 3 s that could be used in algorithms for the early detection of non-sustained VF.

**Key words:** Ventricular fibrillation. Implantable defibrillator. Spectral analysis.

Full English text available from: [www.revespcardiol.org](http://www.revespcardiol.org)

## INTRODUCCIÓN

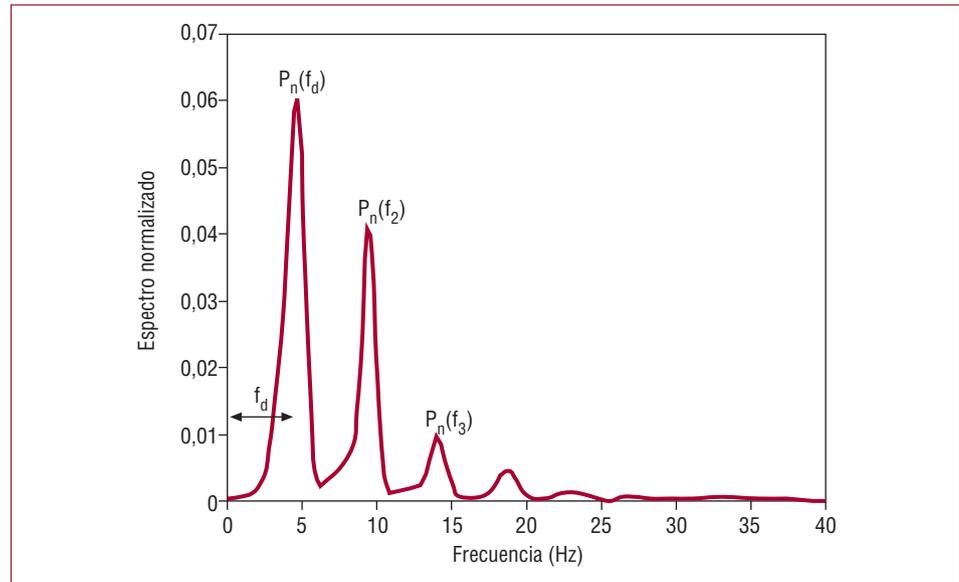
La fibrilación ventricular (FV) tiene habitualmente un comportamiento sostenido, y su terminación precisa de un choque eléctrico. Sin embargo, en ocasiones se observan ritmos con apariencia electrocardiográfica de FV que finalizan espontá-

neamente. Estos ritmos han sido descritos como taquicardia ventricular polimorfa o como FV no sostenida<sup>1</sup>, y su definición es una cuestión semántica, ya que son prácticamente indistinguibles desde el punto de vista clínico y electrocardiográfico. Los motivos que determinan el mantenimiento o la terminación espontánea de estas arritmias son desconocidos pero de gran interés, ya que podrían aportar información sobre los mecanismos de la FV y ayudar al desarrollo de nuevos algoritmos en los desfibriladores automáticos implantables (DAI) para evitar terapias en caso de fibrilaciones autolimitadas. El objetivo del estudio es evaluar las características espectrales de los episodios de FV sostenida y no sostenida registrados en pacientes portadores de DAI.

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por Proyectos de Investigación de Boston Scientific y del Plan Nacional I+D+I (TEC2007-68096-C02-TCM).

Correspondencia: Dr. J.J. Sánchez Muñoz.  
Periodista Antonio Herrero, 25 B, Esc. 6, 3.º M. 30007 Murcia. España.  
Correo electrónico: [jjssanchezmunoz@gmail.com](mailto:jjssanchezmunoz@gmail.com)

Recibido el 22 de febrero de 2008.  
Aceptado para su publicación el 21 de julio de 2008.



**Fig. 1.** Esquema del espectro de la señal de fibrilación ventricular y de los parámetros espectrales calculados.

## MÉTODOS

### Pacientes y episodios

Se revisaron los datos de todos los pacientes seguidos en la consulta de control de desfibriladores de dos hospitales terciarios. Se incluyó en el estudio a aquellos de los que se había registrado al menos un episodio de fibrilación sostenida y otro de fibrilación no sostenida, ya fueran espontáneos o inducidos. Se definió la FV<sup>2</sup> como una taquiarritmia ventricular con morfología cambiante e irregular y de longitud de ciclo media < 300 ms. Se consideró sostenida la FV que se mantuvo al menos durante 5 s y cuya finalización precisó de un choque, y como no sostenida, la de duración > 3 s y terminación espontánea (se exigió una duración > 3 s para permitir un análisis matemático fiable de las oscilaciones de la señal). La señal eléctrica analizada durante la FV se obtuvo del electrograma digitalizado almacenado en el dispositivo.

### Procesamiento de señal

El período de análisis comprendió los 3 s iniciales de la FV, y se estableció como su comienzo el momento en que la señal registrada quedó libre de los artefactos producidos por el choque o la corriente de 50 Hz empleados en la inducción. Se utilizó la configuración monopolar, registrando la diferencia de potencial entre la carcasa activa y la bobina de desfibrilación, por ser una fuente eléctrica menos localizada que el dipolo distal. Cada episodio clasificado por el dispositivo como FV fue analizado visualmente para confirmar que se trataba de un ritmo fibrilatorio. La representación espectral  $P(f)$  se obtuvo mediante periodograma de Welch con

cancelación de línea de base, ventana de Hamming (256 muestras), solapamiento del 50% y 1.024 muestras de resolución. El espectro así obtenido se normalizó en módulo para tener un área unitaria. Como parámetros de frecuencia, se estimaron la frecuencia dominante ( $f_d$ ), correspondiente al máximo absoluto del módulo del espectro, y las potencias de pico en la  $f_d$  y en el segundo y el tercer armónico:  $P_n(f_d)$ ,  $P_n(f_2)$  y  $P_n(f_3)$ , respectivamente. Como medida de organización, se utilizó el índice de organización (IO), definido como cociente entre la potencia contenida en la banda correspondiente al 75% de la frecuencia dominante y sus armónicos y la potencia total en la banda de interés (fig. 1).

### Análisis estadístico

Las variables se describen como media  $\pm$  desviación estándar. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de la t de Student para datos apareados (significación si  $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS

De 243 portadores de DAI evaluados, 56 presentaron al menos un episodio de FV con terminación espontánea y otro terminado por choque; 5 recibieron el choque antes de 5 s, por lo que se los consideró de significado dudoso y se los excluyó del estudio. Los 51 pacientes restantes (44 varones; edad,  $61,7 \pm 12,8$  años) constituyen la población analizada. Dos episodios de FV sostenida y 3 de FV no sostenida fueron espontáneos, y los demás fueron inducidos durante el implante (mediante aplicación de 50 Hz a 44 pacientes y choque sobre T a 2). Dado que el número de pacientes inducidos me-

dante choque sobre T es muy pequeño, no se analizó esta variable en el estudio. El 94,1% de los pacientes tenían cardiopatía isquémica, y en 24 la FEVI era  $< 30\%$ . La duración total de los episodios analizados fue  $8,7 \pm 1,7$  s para los episodios sostenidos y  $6,3 \pm 2,5$  s para los que terminaron espontáneamente. El solapamiento en la duración de los episodios sostenidos y los no sostenidos se debe a la variabilidad del tiempo de carga de los condensadores en función del nivel de energía programado, el estado de la batería y la marca y el modelo del dispositivo. Los parámetros espectrales de ambos grupos se muestran en la tabla 1. Los episodios sostenidos presentan una  $f_d$  significativamente mayor que los no sostenidos ( $4,6 \pm 0,7$  frente a  $4,3 \pm 0,6$  Hz respectivamente;  $p = 0,01$ ). Las potencias de  $f_d$  y de los armónicos y el IO fueron similares en ambos grupos.

## DISCUSIÓN

Nuestros resultados indican que los episodios sostenidos de FV en pacientes portadores de DAI tienen una  $f_d$  mayor que los no sostenidos durante los primeros 3 s de la arritmia. Sin embargo, no encontramos diferencias significativas en las potencias ni en los parámetros espectrales de organización.

Aunque las taquicardias ventriculares polimórficas rápidas pueden mantenerse y degenerar en FV, a menudo los episodios terminan espontáneamente. La clasificación de estos episodios como taquicardia polimórfica, *torsade de pointes* o FV no sostenida es un problema de terminología, ya que no existen criterios morfológicos ni de frecuencia claros para la distinción electrocardiográfica de estas entidades<sup>1</sup>. El análisis espectral de estos ritmos indica que hay cierto grado de organización subyacente que se traduce en la aparición de picos espectrales definidos<sup>3-5</sup>. Mäkikallio et al<sup>2</sup> analizaron a 7 pacientes portadores de DAI con un diseño similar al nuestro, utilizando métodos de dinámica no lineal, y encontraron una mayor organización en los primeros latidos de los episodios autolimitados en comparación con los sostenidos, si bien el ciclo medio de los intervalos, correspondiente a la  $f_d$ , no mostró diferencias significativas. El escaso número de pacientes analizados, la utilización de electrogramas bipolares y las diferencias en los algoritmos utilizados podrían explicar esta discrepancia. En un análisis preliminar sobre 18 pacientes con DAI, y utilizando una medición manual del ciclo, se ha descrito que el ciclo de la FV no sostenida era mayor que el de los episodios sostenidos, alcanzando significación estadística a partir del sexto intervalo<sup>6</sup>. El presente estudio confirma este hallazgo en un número mayor de pacientes empleando el análisis espectral.

**TABLA 1. Características espectrales de los episodios de fibrilación ventricular sostenida y no sostenida**

	FV sostenida	FV no sostenida	p
$f_d$ (Hz)	$4,6 \pm 0,7$	$4,3 \pm 0,6$	0,001
$P_n(f_d) (\times 1.000)$	$108,9 \pm 36,3$	$105 \pm 36,9$	0,61
$P_n(f_2) (\times 1.000)$	$16,8 \pm 12,3$	$17,4 \pm 10,7$	0,76
$P_n(f_3) (\times 1.000)$	$3,8 \pm 3,1$	$4,8 \pm 4,4$	0,12
IO	$0,7 \pm 0,1$	$0,7 \pm 0,1$	0,70

$f_d$ : frecuencia dominante; FV: fibrilación ventricular; IO: índice de organización;  $P_n(f_d)$ ,  $P_n(f_2)$  y  $P_n(f_3)$ : potencias espectrales para la frecuencia dominante y el segundo y el tercer armónico.

Las variables se presentan como media  $\pm$  desviación estándar.

## Limitaciones del estudio

Aunque el número de pacientes incluidos en nuestro estudio es mayor que el de las series similares descritas en la literatura, sigue siendo relativamente pequeño. Es posible que una muestra mayor hubiera puesto de manifiesto diferencias significativas en la organización de la arritmia. Por otro lado, la mayoría de los episodios fueron inducidos mediante corriente de 50 Hz que artefacta el EGM, por lo que no es posible determinar el momento exacto de inducción de la FV, y su relación con el periodo analizado es sólo aproximada. En tercer lugar, el análisis espectral se ha limitado a una única derivación, obtenida de electrodos situados en el ventrículo derecho, por lo que no se dispone de información sobre las características de la señal de FV en distintas zonas. La obtención de registros simultáneos en varios puntos de ambos ventrículos podría mejorar sustancialmente la sensibilidad del análisis. Por último, algunos episodios incluidos en el grupo de FV sostenida por haber recibido terapia podrían haber finalizado espontáneamente si no se hubiera aplicado el choque. Esta limitación es inherente al diseño del estudio y sólo puede subsanarse cartografiando la fibrilación durante circulación extracorpórea.

En conclusión, durante los primeros 3 s, si bien las características espectrales de los episodios sostenidos y no sostenidos de FV son parecidas, tienen diferencias que podrían ser utilizadas en el diseño de algoritmos de detección precoz de la FV autolimitada en pacientes portadores de DAI.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Clayton RH, Murray A, Higham PD, Campbell RW. Self-terminating ventricular tachyarrhythmias a diagnostic dilemma? *Lancet*. 1993;341:93-5.
2. Mäkikallio TH, Huikuri HV, Myerburg RJ, Seppänen T, Kloosterman M, Interian A, et al. Differences in the activation patterns between sustained and self-terminating episodes of human ventricular fibrillation. *Ann Med*. 2002;34:130-5.

3. Martin DR, Brown CG, Dzwonczyk R. Frequency analysis of the human and swine electrocardiogram during ventricular fibrillation. *Resuscitation*. 1991;22:85-91.
4. Strohmenger HU, Lindner KH, Keller A, Lindner IM, Pfenninger EG. Spectral analysis of ventricular fibrillation and closed-chest cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 1996;33:155-61.
5. Carlisle EJ, Allen JD, Kernohan WG, Anderson J, Adgey AA. Fourier analysis of ventricular fibrillation of varied aetiology. *Eur Heart J*. 1990;11:173-81.
6. Sánchez-Muñoz JJ, García-Alberola A, Martínez-Sánchez J, Hurtado J, Teruel F, Cerdán MC, et al. Different characteristics of the RR intervals detected by the ICD during induced sustained and non-sustained ventricular fibrillation. *Europace*. 2005;7:20.