

Análisis del efecto del tipo de captación en registros de mapeado cardíaco durante fibrilación ventricular

J. Guerrero¹, A. Serrano¹, M. Bataller¹, A. Rosado¹, M. Zarzoso²,
L. Such-Miquel², G. Parra², L. Brines².

¹ Grupo de Procesado Digital de Señal. Universidad de Valencia. Spain. juan.guerrero@uv.es

² Departamento de Fisiología. Universidad de Valencia. Spain

Resumen

El presente trabajo estudia la influencia del tipo de captación (bipolar con orientaciones diferentes y unipolar) en registros de mapeado cardíaco durante fibrilación ventricular (FV). Se ha calculado un parámetro relacionado con la regularidad de la señal, el número de ocurrencias (NO), y se ha aplicado a dos grupos de conejos: control (GC: sin entrenamiento físico, N=10) y entrenados (GE, N=11). Se utilizó un electrodo matricial de 240 canales unipolares, a partir de los cuales se obtuvieron los correspondientes bipolares (bipolar1: diferencias por filas de canales unipolares, bipolar2: diferencias por columnas). El electrodo se localizó en ventrículo izquierdo de corazón aislado y profundido de conejo al que se indujo FV.

Los resultados muestran que, para las tres captaciones consideradas, GC y GE presentan diferencias significativas (bipolar1: GC: $45,39 \pm 3,67$; GE: $44,01 \pm 3,40$; $p < 0,001$), (bipolar2: GC: $46,71 \pm 3,62$; GE: $44,89 \pm 3,74$; $p < 0,001$), (unipolar: GC: $27,45 \pm 1,63$; GE: $28,56 \pm 1,85$; $p < 0,001$). Al analizar la influencia del tipo de captación para cada grupo de forma independiente, también se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,001$) entre todos los tipos. Los valores obtenidos para el caso unipolar son menores que los de los bipolares para ambos grupos. Los valores del GC en el caso bipolar son mayores que en el GE, mientras que para el unipolar se observa lo contrario.

Como conclusión, NO permite encontrar diferencias inducidas por la actividad física para todos los tipos de captación analizados. No obstante, los valores obtenidos dependen del tipo considerado, y en el caso bipolar depende también de la orientación respecto de los frentes de activación presentes durante la FV, por lo que los resultados deben interpretarse en cada estudio en función de la captación elegida.

1. Introducción

Para determinar el nivel de organización de la señal de fibrilación cardíaca se han propuesto diferentes parámetros [1,2,3]. El número de ocurrencias (NO) ha sido utilizado en el caso de fibrilación auricular (FA) para clasificarla según el criterio de Wells [3]. Se define como el porcentaje de muestras cuya amplitud está dentro de una ventana centrada en el cero respecto del número de muestras total de la señal.

El sistema descrito en [3] utiliza 64 electrodos montados sobre un balón inflable introducido en aurícula. A partir de estos electrodos obtiene 32 registros bipolares por combinación entre electrodos adyacentes. Si la señal entre dichos electrodos es similar (alta regularidad), la

diferencia entre ellos presenta amplitudes pequeñas (figura 1), y por tanto el valor de NO es mayor.

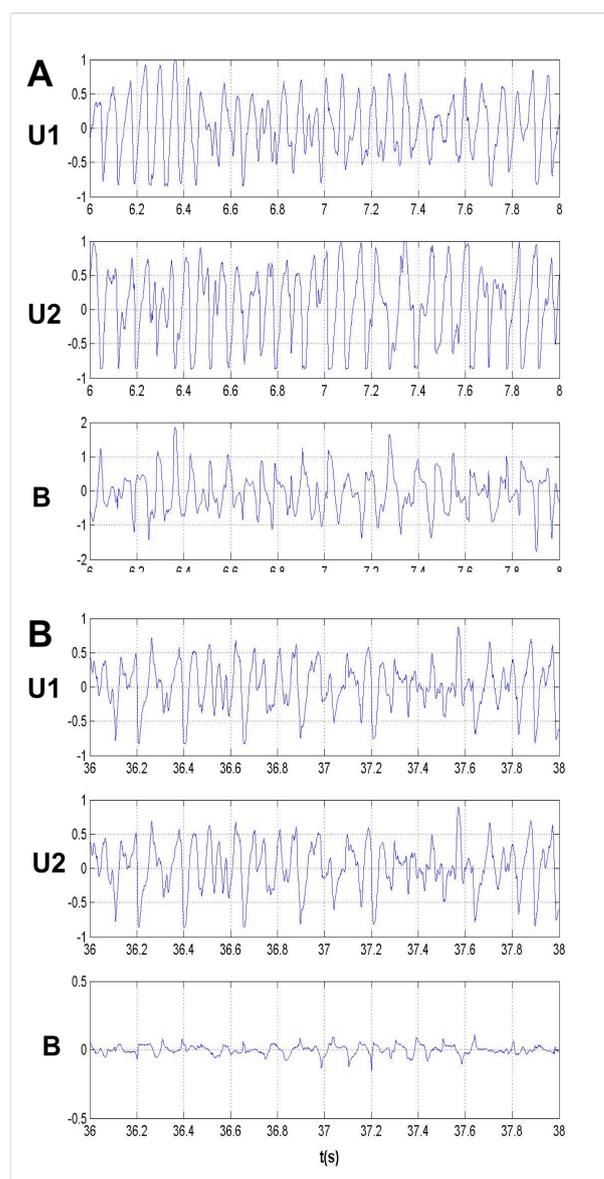


Figura 1. Ejemplo de obtención de registro bipolar a partir de dos unipolares. A) baja regularidad de los canales unipolares (U1, U2), lo que proporciona una señal diferencia (B: bipolar) de gran amplitud (bajo NO). B) alta regularidad. Nótese el cambio de escala en los trazados bipolares.

Diversos estudios han analizado las diferencias entre registros unipolares y bipolares en mapeado cardíaco [4,5,6]. Básicamente, los unipolares reflejan la actividad global cardíaca, aunque la contribución de zonas alejadas del electrodo disminuye de forma directa con la distancia al mismo. Los bipolares cancelan la actividad eléctrica lejana y registran la local. No obstante, no pueden utilizarse para estudiar la repolarización y son sensibles a la orientación de los frentes de onda, pudiendo incluso no detectarlos en función de su dirección [4]. También los resultados obtenidos en parámetros utilizados para caracterizar la FV cambian según el tipo de captación, por lo que su interpretación debe particularizarse para cada caso [5,6].

Los sistemas de mapeado suelen utilizar electrodos unipolares o bipolares, y raramente ambos tipos. No obstante, se puede obtener un registro bipolar a partir de electrodos unipolares con precisión siempre que la distancia interelectrodo sea menor o igual a 2 mm [4].

El objetivo principal del presente trabajo es calcular NO para FV en registros de mapeado, analizando la influencia del tipo de captación (bipolar con orientaciones diferentes y unipolar). Para ello, se utilizaron registros de corazón aislado de conejo en los que se mantiene la perfusión miocárdica durante la arritmia, lo que permite estudiar la FV en condiciones estables sin la interferencia de otras variables como el deterioro metabólico, que introducirían modificaciones no debidas al tipo de captación. Además, se estudiaron dos grupos de corazones correspondientes a sujetos entrenados físicamente y sin entrenamiento, para analizar si NO permite encontrar diferencias inducidas por la actividad física.

2. Metodología

Los registros de mapeado de FV utilizados han sido adquiridos en los laboratorios de Electrofisiología Cardíaca de la Universidad de Valencia mediante la utilización de un sistema de mapeado comercial (MAPTECH, Waalre, the Netherlands) de 256 canales. Los registros se han adquirido con un electrodo matricial de 240 electrodos unipolares localizado en ventrículo izquierdo de corazón aislado de conejo, perfundido mediante un sistema de Langendorff. La distancia interelectrodo es de 1 mm.

Se analizaron dos grupos de registros correspondientes a conejos de raza Nueva Zelanda: control (GC: sin entrenamiento, N=10) y entrenados (GE, N=11). La duración de cada registro es de 5 minutos, con frecuencia de muestreo de 1 kHz. La FV se indujo por estimulación a frecuencias crecientes.

Los registros se procesaron en segmentos consecutivos de 4 segundos. Para cada segmento y canal se realizó un preprocesado para analizar la calidad del registro, descartando aquellos canales con baja amplitud o presencia de ruido, y se obtuvo NO mediante el siguiente algoritmo:

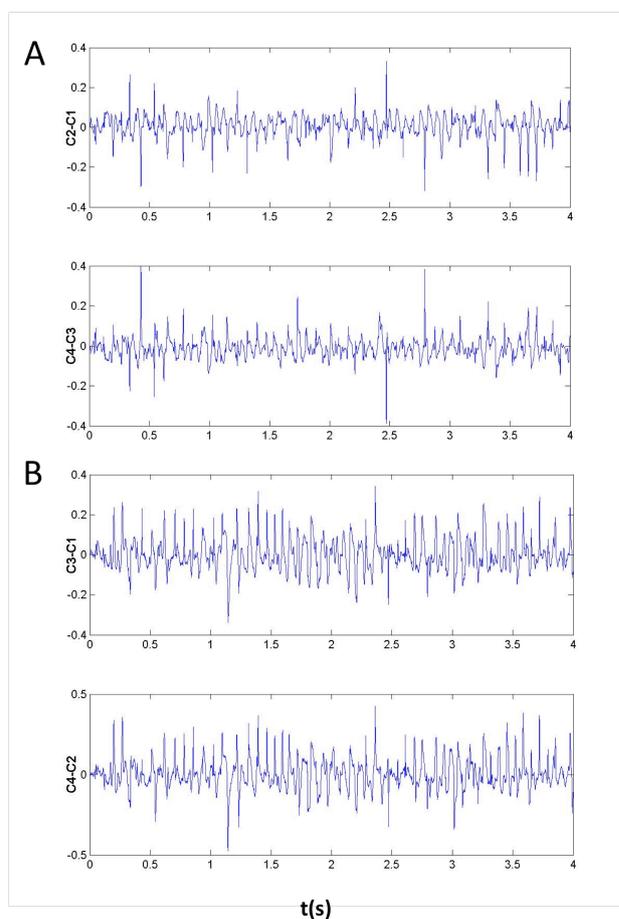


Figura 2. Ejemplo de registros bipolares obtenidos a partir de diferencias entre unipolares por: A) filas (bipolar1), B) columnas (bipolar2). En este caso puede observarse una mayor diferencia de la señal en el caso B, lo que indica una dependencia con la orientación del frente de activación.

- Obtención del registro bipolar como diferencia entre canales del unipolar. Dos variantes: restar canales por filas (bipolar1) y por columnas (bipolar2) de la matriz de electrodos (Figura 2). Para el caso unipolar se utilizaron los canales originales.
- Normalización de la señal, dividiéndola por su desviación estándar para independizarla de la ganancia de captación.
- Cálculo de la anchura del bin central (centrado en cero) del histograma de amplitudes de la señal (x):

$$W_{bin0} = 0,5 \cdot \frac{\alpha \cdot std(x)}{n_bin}$$

El número de bins del histograma (n_bin) y el valor de α se determinaron experimentalmente a partir de las señales en el conjunto de registros. Los valores utilizados son: $\alpha=20$, $n_bin=23$.

- Cálculo de NO: relación entre el número de muestras de x en $\pm W_{bin0}$ y el número de muestras total en el segmento (en porcentaje).

Para cada segmento, se obtuvo el valor promedio de NO en el conjunto de canales.

La figura 3 muestra un ejemplo de cálculo de NO para los tres casos considerados. Debido a que el caso bipolar se obtiene como diferencias de canales consecutivos, la señal presenta menores amplitudes y el histograma está más centrado en cero que en el caso unipolar. Los valores de NO son también mayores para el registro bipolar.

La figura 4 muestra otro ejemplo de los mapas de NO del mismo segmento temporal de registro obtenidos para los

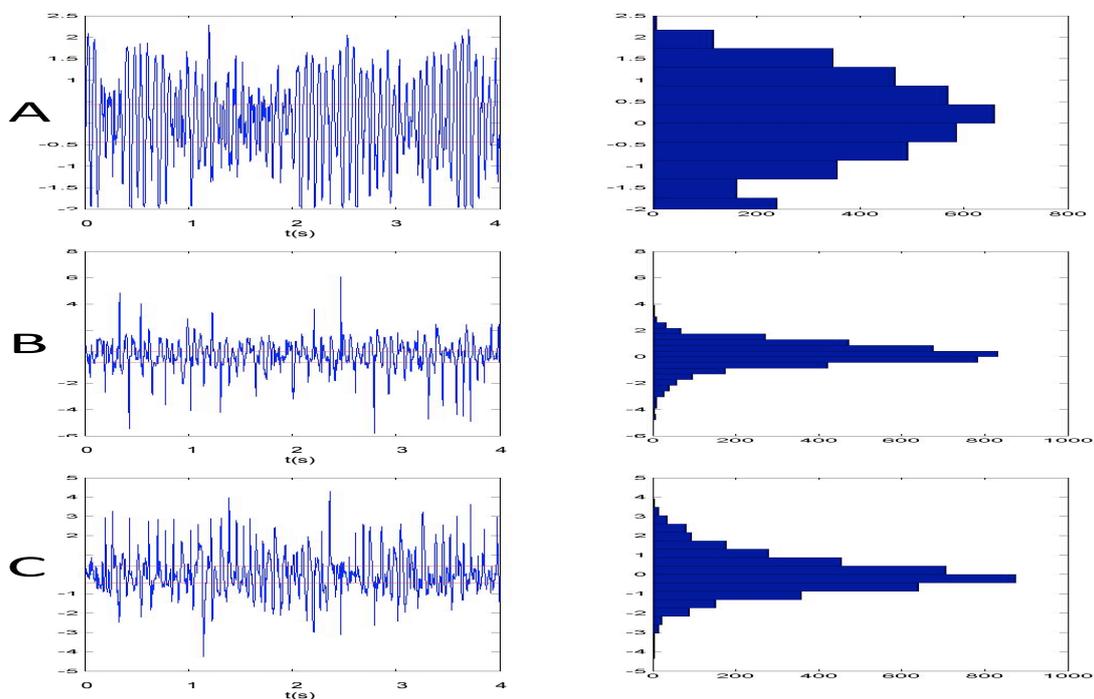


Figura 3. Señales y los correspondientes histogramas para: A) registro unipolar, B) bipolar1 (diferencias por filas), C) bipolar2 (diferencias por columnas). Las líneas rectas sobre los registros representan la anchura del bin central.

3. Resultados

La tabla 1 muestra los valores promedio de NO para ambos grupos de registros en función del tipo de captación. Los tres casos presentan diferencias significativas entre los grupos de entrenados (GE) y no entrenados (GC).

Los valores obtenidos para el caso unipolar son menores que los de los bipolares para ambos grupos, como se había comentado. No obstante, los valores del GC en el caso bipolar son mayores que en el GE, mientras que para el unipolar se observa lo contrario. Este último resultado coincide con lo obtenido para otros parámetros analizados sobre este conjunto de registros en otros estudios [7,8]. Tanto para parámetros espectrales (frecuencia dominante, energía normalizada) como de regularidad morfológica (índice de regularidad), siempre habíamos observado una mayor estabilidad y regularidad en el grupo entrenado, tal y como ocurre en el caso unipolar para NO. Aunque NO muestra diferencias entre

diferentes tipos de captación. Puede observarse que la distribución espacial del parámetro para el caso unipolar es menor que para los bipolares, y que existen diferencias entre éstos.

Se han analizado las diferencias entre grupos (GC-GE) para cada tipo de captación mediante el test de Mann-Whitney para dos muestras independientes. Para analizar las diferencias en cada grupo debidas al tipo de captación se ha utilizado el test de rangos de Wilcoxon para dos muestras dependientes.

grupos en el caso bipolar, la razón por la que valores más altos (asociados con mayor regularidad entre canales) están asociados al GC no es inmediata y requiere un análisis más profundo.

Las comparaciones entre tipos de captación (unipolar, bipolar1 y bipolar2) para cada grupo de forma independiente también mostró diferencias significativas ($p < 0,001$) en todos los casos.

	Unipolar	Bipolar 1	Bipolar 2
GC	27,45±1,63	45,39±3,67	46,71±3,62
GE	28,56±1,85	44,01±3,40	44,89±3,74
p	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Tabla 1. Valores de NO (media y desviación estándar) para los grupos control y entrenado y distintos tipos de captación. p: significación estadística de la comparación entre grupos.

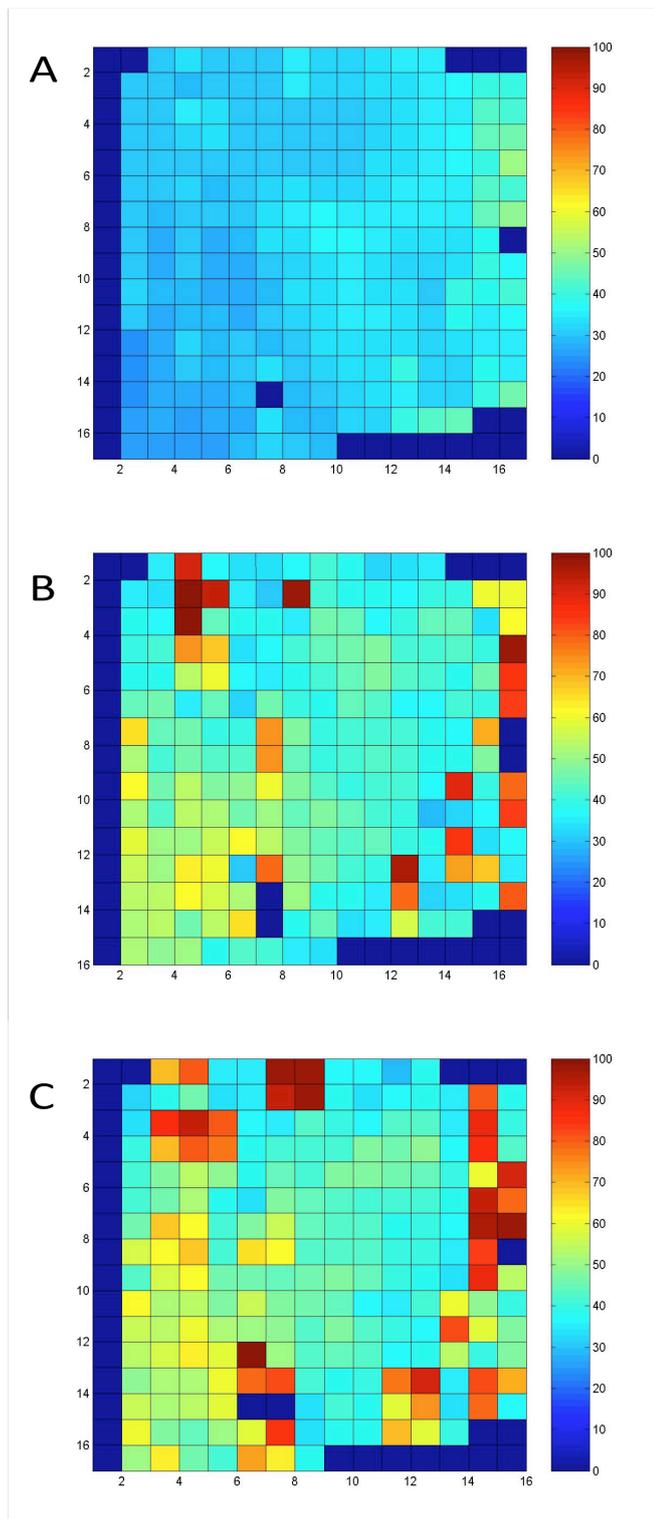


Figura 4. Mapas de NO del mismo segmento temporal para: a) registro unipolar, b) bipolar1 (diferencias por filas), c) bipolar2 (diferencias por columna)

4. Conclusiones

El presente trabajo estudia la influencia del tipo de captación (bipolar con orientaciones diferentes y unipolar) en el análisis de registros de FV. Los resultados obtenidos muestran que NO es un parámetro discriminante de las diferencias inducidas por la

actividad física para todos los tipos de captación analizados. No obstante, los valores obtenidos dependen de la captación, y en el caso bipolar depende también de la orientación respecto de los frentes de activación presentes durante la FV, por lo que los resultados deben interpretarse en cada estudio en función de la captación elegida.

Los valores del GC en el caso bipolar son mayores que en el GE, lo que implicaría una mayor regularidad entre canales para GC. Este resultado es contrario al obtenido con otros parámetros en estudios previos sobre el mismo conjunto de registros, aunque coincide con el caso unipolar. La explicación de esta diferencia requiere análisis posteriores.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido soportado por el proyecto DEP2007-73234-C03-02 del Plan Nacional de I+D+I, Acción Estratégica: "Deporte y Actividad Física".

Referencias

- [1] Masse S, Farid T, Dorian P, Umapathy K, Fair K, Asta J, Ross H, Rao V, Sevapsidis V, Nanthakumar K. Effect of global ischemia and reperfusion during ventricular fibrillation in myopathic human hearts. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* vol 297, 2009, pp 1984-91.
- [2] Faes L, Ravelli F. A morphology-based approach to the evaluation of atrial fibrillation organization. *IEEE Engineering In Medicine And Biology Magazine*, 2007, pp 59-67. ISSN: 0739-5175.
- [3] G Calcagnini, F Censi, A Michelucci, P Bartolini. Descriptors of Wavefront Propagation. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 2006, pp 71-78.
- [4] Blanchard SM, Smith WM, Buhrman WC, Ideker RE, Lowe JE. Computed bipolar electrograms from unipolar epicardial recordings. *Actas de Computers in Cardiology*, 1988, pp: 55-60.
- [5] Fischer G, Stühlinger M, Nowak C, Wieser L, Tilg B, Hintringer F. On Computing Dominant Frequency From Bipolar Intracardiac Electrograms. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 2007, vol. 54, no. 1, pp 165-169.
- [6] Guerrero J, Rosado A, Serrano AJ, Bataller M, Chorro J, Alberola A, Such L. "Modifications on Regularity and Spectrum of Ventricular Fibrillation Signal Induced by Physical Training". *Actas de Computers in Cardiology* 2009, vol 36, pp 321-324. ISSN 0276-6574.
- [7] Guerrero J, Serrano A, Bataller M, Rosado A, Chorro J, Such L, Alberola A. "Relación entre el espectro y la regularidad en la señal de fibrilación ventricular modificada por el ejercicio físico". *Actas del XXVII Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica*, 2009, pp: 644-647.
- [8] Chorro FJ, Guerrero J, Pelechano F, Trapero I, Mainar L, Cánoves L, Such-Miquel L, García-Alberola A, Ferrero A, Sanchís J, Bodía V, Alberola A, Such L. "Influencia del tipo de registro (unipolar o bipolar) en las características espectrales de los registros epicárdicos de la fibrilación ventricular. Estudio experimental." *Revista Española de Cardiología*, 2007, vol 60; pp 1059-69.