

Estudio de la onda P en registros electrocardiográficos de pacientes con fibrilación auricular paroxística antes y después del aislamiento de las venas pulmonares

N. Ortigosa¹, O. Cano²

¹ I.U. Matemática Pura y Aplicada, Universitat Politècnica de València, nuorar@upvnet.upv.es

² Servicio de Cardiología, Hospital Universitari i Politècnic La Fe, Valencia, cano_osc@gva.es

Resumen

En este artículo se presenta un estudio en el que se analizan algunos de los marcadores más utilizados en la interpretación del electrocardiograma de superficie para determinar si existen variaciones significativas antes y después del aislamiento de las venas pulmonares en pacientes aquejados de fibrilación auricular.

La cohorte del estudio está compuesta de 12 pacientes aquejados de fibrilación auricular que fueron sometidos a una ablación por catéter. Durante la totalidad de la duración de la intervención, se realizó el registro simultáneo tanto del electrocardiograma de superficie como de los registros intracavitarios. En el análisis se han incluido diversos marcadores electrocardiográficos calculados sobre las ondas P de la derivación VI antes y después del procedimiento de ablación, como son la amplitud media de onda, duración, kurtosis, asimetría o dispersión.

Los resultados del presente estudio revelan que tanto la duración de la onda P como los índices de dispersión y kurtosis resultaron ser significativamente menores cuando las venas pulmonares se encontraron aisladas, resultando diferenciadores en un 91% de los pacientes. Estos resultados preliminares pueden representar una vía de identificación no invasiva de la reconexión venosa pulmonar espontánea, que es el principal motivo de recurrencias en la fibrilación auricular.

1. Introducción

La fibrilación auricular (FA) es la arritmia más frecuente en la práctica clínica diaria [1,2]. La fibrilación auricular se caracteriza por una propagación rápida y desorganizada de las señales eléctricas a través de la aurícula. De esta manera, las aurículas y los ventrículos no laten de forma coordinada, presentándose un ritmo cardíaco rápido e irregular.

El tratamiento de la FA incluye desde medicación antiarrítmica a terapias no farmacológicas, como es el aislamiento de las venas pulmonares mediante la utilización de la ablación por catéter. La eficacia de cada tratamiento depende fundamentalmente de la clasificación clínica de la arritmia [3]. En particular, la ablación por catéter presenta unas tasas de éxito de alrededor del 80% de los pacientes libres de arritmia si éstos presentan FA paroxística (definida como aquella en la que los episodios se autolimitan en el tiempo, finalizando en periodos inferiores a 7 días [1]).

El aislamiento de las venas pulmonares ha sido objeto de estudio por muchas referencias recientemente, ya que la reconexión venosa pulmonar temprana es un indicador de recurrencias de la arritmia posteriores a un procedimiento de ablación por catéter [4,5]. Por ejemplo, las bases anatómicas por las que se produce dicha reconexión han sido estudiadas por McGarry y Narayan en la referencia [6], mientras que la importancia de encontrar predictores para determinar los pacientes adecuados para ser sometidos a ablaciones por catéter o radiofrecuencia ha sido estudiada en las referencias [6-8].

2. Materiales

En este estudio se han utilizado las señales electrocardiográficas correspondientes a 12 pacientes consecutivos no seleccionados aquejados de fibrilación auricular paroxística que fueron sometidos a ablación por catéter.

Cada paciente fue monitorizado tanto mediante el electrocardiograma de superficie como con registros intracavitarios durante todo el proceso de ablación, tomando para el estudio tramos de señal en ritmo sinusal anteriores y posteriores al procedimiento de ablación.

3. Métodos

3.1. Preprocesado de señal

En primer lugar se filtró la señal electrocardiográfica para eliminar el ruido base mediante splines cúbicos [9], así como también se realizó un filtrado tipo Notch a 50Hz con el objetivo de eliminar el ruido de red.

A continuación, se realizó la delineación de las ondas P de tramos de un minuto de duración de la señal previos a la realización de la ablación por catéter, así como un tramo de un minuto de duración una vez el procedimiento había finalizado.

3.2. Extracción de características

Una vez se habían delineado las ondas P en la derivación V1 del electrocardiograma de superficie, varias

características fueron obtenidas sobre ellas, entre otras, la amplitud media de dichas ondas y su duración.

Otras características morfológicas calculadas sobre dichas ondas fueron la kurtosis y la asimetría.

La kurtosis es una medida de la forma que trata de definir el grado de concentración que presentan los valores de una variable con respecto a la zona central. Se define como

$$kurtosis = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^4 / N}{\sigma^4}$$

donde μ es la media, σ es la desviación estándar y N es el número de muestras del tramo de señal.

La kurtosis para una distribución normal estándar es 3, de forma que aquellas variables con menor concentración respecto a la media presentan valores superiores a 3 mientras que las variables con valores de kurtosis inferiores a 3 tienen distribuciones más concentradas en torno a la media.

Como medida de la asimetría tomamos la indicada a continuación

$$asimetría = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^3 / N}{\sigma^3}$$

Donde se obtienen valores negativos si los datos se distribuyen a la izquierda de la media, o bien valores positivos del índice de asimetría si los valores están mayoritariamente distribuidos a la parte derecha de la media.

Este índice de asimetría tomará valor cero para una distribución normal estándar. Asimismo, dicho índice tomará valores positivos o negativos para distribuciones sesgadas hacia la derecha o la izquierda de la media, respectivamente.

Por otra parte, también se han calculado medidas de dispersión de los datos. El índice de dispersión de la amplitud (IDA) determina la variabilidad de las amplitudes de las ondas P a lo largo del registro adquirido. Queda definido como

$$IDA_i = \frac{\max_i \{ \max_j \{ A_j \} - \min_j \{ A_j \} \}}{\max_{i,j} \{ A \}}$$

donde A_j hace referencia a la amplitud de la j -ésima onda P del paciente i -ésimo.

La dispersión de la duración de las ondas P también se incluyó en el estudio. Fue definida como la diferencia entre las duraciones máxima y mínima de las ondas P del paciente i -ésimo:

$$dispersion_i = \max_i \{ dur \} - \min_i \{ dur \}$$

donde dur es la duración de la onda P.

Una vez las características a analizar fueron calculadas, se procedió a realizar el test estadístico de Wilcoxon entre los dos conjuntos de datos (antes y después de realizar el aislamiento de las venas pulmonares) para estudiar si los resultados obtenidos fueron significativos.

4. Resultados

La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos expresados en términos de mediana y rango intercuartil para las diferentes características que se han indicado en la sección 3. Los boxplot correspondientes a dichas características se han incluido en la Figura 1.

De igual modo, los resultados del análisis estadístico realizado se han indicado en la Tabla 2, donde se han resaltado aquellas características que revelaron ser estadísticamente significativas.

Característica	Antes	Después
Amplitud media (μV)	784 (582-928)	845 (518-917)
Duración (ms)	140 (115-162)	126 (103-151) *
Kurtosis	1.73 (1.69-1.79)	1.63 (1.59-1.68) *
Asimetría	0.25 (0.01-0.33)	0.18 (0.05-0.22)
IDA	0.58 (0.45-0.67)	0.50 (0.31-0.55)*
Dispersión (ms)	46 (32-59)	45 (32-62)

Tabla 1. Resultados obtenidos para los 12 pacientes incluidos en el estudio presentado, diferenciando las características extraídas antes y después del aislamiento de las venas pulmonares. Las diferencias significativas encontradas se han indicado mediante *.

Característica	p-valor
Amplitud media (μV)	0.8501
Duración (ms)	0.0342
Kurtosis	0.0010
Asimetría	0.3394
IDA	0.0093
Dispersión (ms)	0.5554

Tabla 2. P-valores correspondientes al test estadístico de Wilcoxon para las características calculadas indicadas en la Tabla 1. Las características estadísticamente significativas se indican en negrita.

A la vista de los resultados de las tablas anteriores, podemos observar que la amplitud media de las ondas P así como la medida de su asimetría no fueron capaces de proporcionar información suficiente para ser características diferenciadoras.

Por otra parte, la duración de las ondas P sí resultó ser significativamente mayor en los registros anteriores a la ablación por catéter. Estos resultados obtenidos van en línea con los presentados por Shrestha en la referencia [10], donde se indicaba que se producía una reducción significativa de la parte negativa de la onda P en la

derivación V1, así como un incremento de la duración de la parte positiva de la onda P.

Además, la medida de kurtosis también resultó ser estadísticamente menor una vez se ha finalizado el procedimiento de ablación por catéter. De hecho, este resultado se encuentra relacionado con que el índice de dispersión de las amplitudes (DIA) sea también menor en ese momento.

Por otra parte, estas dos diferencias son estadísticamente muy significativas (Tabla 2), resultando ser diferenciadoras por sí mismas con precisiones alrededor del 91% y 83% de los casos.

En las Figuras 2 y 3 se pueden observar asimismo las diferencias en la dispersión de las ondas P antes y después del procedimiento de ablación, encontrándose una reducción de dicha dispersión una vez finalizado el procedimiento.

Estos resultados son coherentes también con estudios previos como el presentado en [11], en el que se comparaban registros electrocardiográficos de dos grupos de pacientes: el primero, con pacientes con FA persistente, y el segundo, un grupo con pacientes de control normal. Los pacientes del grupo de control presentaban menor fragmentación de la señal y mucha menor variabilidad en las ondas P frente a aquellos que sufrían FA persistente.

Este último hecho puede ser explicado debido a la desorganización en la actividad auricular presente en aquellos sujetos aquejados de FA, que crece a medida que la arritmia va progresando.

5. Conclusiones

En este trabajo se ha presentado un estudio cuyo objetivo era analizar las diferencias presentes en el electrocardiograma de superficie antes y después de un procedimiento de ablación por catéter en pacientes aquejados de fibrilación auricular paroxística.

Se ha mostrado que la duración de las ondas P, así como los índices de dispersión de la amplitud de dichas ondas y la kurtosis de la distribución de los valores de las mismas son significativamente menores una vez finaliza el procedimiento de ablación, es decir, tras aislar eléctricamente las venas pulmonares.

El trabajo futuro se centrará en ampliar la cohorte de pacientes incluidos en el estudio, así como en el análisis de características adicionales capaces de proporcionar más información de cara a la predicción del éxito del procedimiento ablativo en el mantenimiento del ritmo sinusal.

Referencias

- [1] Wann L, Curtis A, January C, Ellenbogen K, Lowe J, Estes N, Ezekowitz M, Slotwimer D, Jackman W, Stevenson W, C.M Tracy; 2011 Writing Group Members VF, Ryd'en L, Cannom D, Heuzey JL, Crijns H, Lowe J, Curtis A, Olsson S, Ellenbogen K, Prystowsky E, Halperin J, Tamargo J, Kay G, L.Wann; 2006 Writing CommitteeMembers AJ, Anderson J, Albert N, Hochman J, Buller C, Kushner F, Creager M, Ohman E, Ettinger S, Stevenson W, Guyton R, Tarkington L, Halperin J, Yancy C. 2011 ACCF/AHA/HRS focused update on the management of patients with atrial fibrillation (updating the 2006 guideline): a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation*, vol 123, sup. 1, 2011, pp 104-123.
- [2] January C, Wann L, Alpert J, Calkins H, Cigarroa J, Cleveland J, Conti J, Ellinor P, Ezekowitz M, Field M, Murray K, Sacco R, Stevenson W, Tchou P, Tracy C, Yancy C. 2014 AHA/ACC/HRS Guideline for the Management of Patients With Atrial Fibrillation. A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society. *J Am Coll Cardiol*, vol 64, sup. 21, 2014, pp e1-e76.
- [3] Melicherik J. New frontiers in the evaluation and treatment of patients with atrial fibrillation. *Biomed Tech*, vol 57, sup 1, 2012.
- [4] Anter E, Contreras-Valdes F, Shvilkin A, Tschabrunn C, Josephson M. Acute pulmonary vein reconnection is a predictor of atrial fibrillation recurrence following pulmonary vein isolation. *J Interv Card Electrophysiol*, vol 39, sup. 3, April 2014, pp 225-232.
- [5] Efremidis M, Letsas L, Giannopoulos G, Lioni L, Vlachos K, Asvestas D, Karlis D, Kareliotis V, Geladari H. Early pulmonary vein reconnection as a predictor of left atrial ablation outcomes for paroxysmal atrial fibrillation. *Europace*, vol 17, sup. 1, May 2015, pp 741-746.
- [6] McGarry T, Narayan S. The Anatomical Basis of Pulmonary Vein Reconnection After Ablation for Atrial Fibrillation. *J Am Coll Cardiol*, vol 59, sup. 10, March 2012, pp. 939-941.
- [7] Epicoco G, Sorgente A. Predictors of Atrial Fibrillation Recurrence after Catheter Ablation. *J Atr Fibrillation*, vol 6, sup. 5, 2014, pp. 1016.
- [8] Balk EM, Garlitski AC, Alsheikh-Ali AA, Terasawa T, Chung M, Ip S. Predictors of atrial fibrillation recurrence after radiofrequency catheter ablation: a systematic review. *J Cardiovasc Electrophysiol*, vol 21, sup. 11, November 2010, pp. 1208-1216.
- [9] Meyer CR, Keiser HN. Electrocardiogram baseline noise estimation and removal using cubic splines and statespace computation techniques. *Comput Biomed Res*, vol 10, 1977, pp. 459-470.
- [10] Shrestha S, Chen O, Greene M, John J, Greenberg Y, Yangd F. Change in P wave morphology after convergent atrial fibrillation ablation. *Indian Pacing Electrophysiol J*, vol 16, sup. 1, 2016, pp. 3-7.
- [11] Censi F, Corazza I, Reggiani E, Calcagnini G, Mattei E, Triventi M, Boriani G. P-wave Variability and Atrial Fibrillation. *Scientific Reports*, vol 6, May 2016, pp. 1-7.

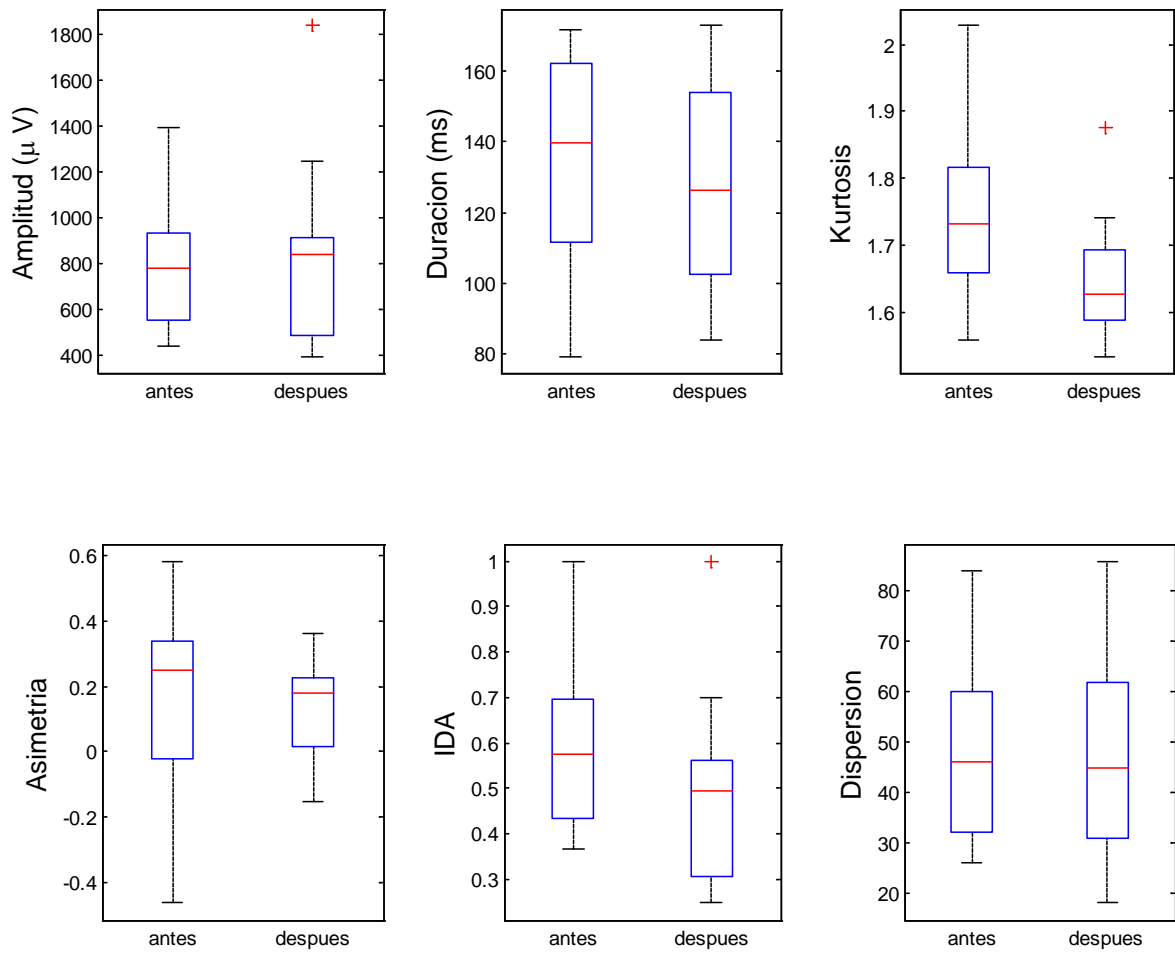


Figura 1. Boxplot de las características extraídas antes y después de la ablación por catéter.

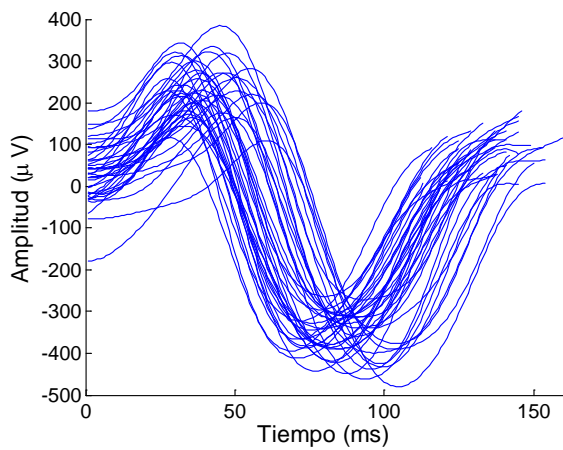


Figura 2. Ondas P extraídas del registro de un paciente antes del procedimiento de ablación.

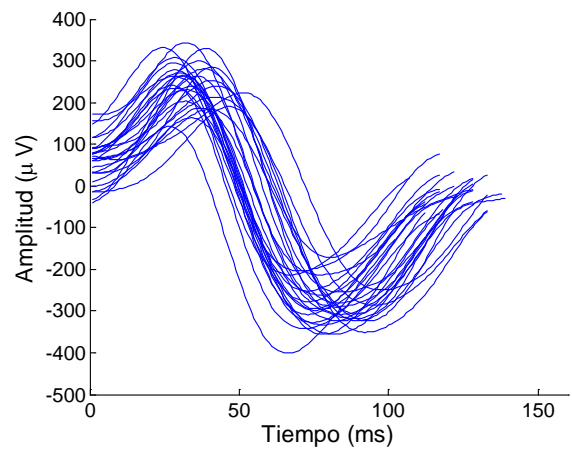


Figura 3. Ondas P extraídas del registro de un paciente tras el procedimiento de ablación.