

Caracterización de la Fibrilación Ventricular Utilizando la Wavelet Packet Decomposition

M. A. Loría-Romero^a, H. Peregrina-Barreto^a, J. J. Rangel-Magdaleno^a,
^aInstituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Puebla
miguel.loria@inaoep.mx, hperegrina@ieee.org, jrangel@inaoep.mx



XI CONGRESO NACIONAL Y I CONGRESO INTERNACIONAL DE
TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD: "GENERACIÓN DE
NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"

10, 11 y 12 de Junio de 2021
FACULTAD DE MEDICINA, UNAM

Resumen—La muerte súbita cardíaca (SCD, Sudden Cardiac Death) describe la muerte natural inesperada por una causa cardíaca en un período corto de tiempo. La SCD es una de las principales causas de muerte en el mundo y representa más del 50% de las muertes por enfermedades cardiovasculares (ECV), ocupando el segundo lugar como la principal causa de muerte solo después del cáncer. La fibrilación ventricular (FV) es la peculiaridad más frecuente que conduce a un SCD y es importante detectar esta característica en la señal electrocardiográfica (ECG) a tiempo debido a que la tasa de supervivencia disminuye entre 7-10% por minuto, por lo tanto es indispensable realizar una pronta reanimación al paciente. El presente trabajo se centra en el procesamiento y análisis de las señales ECG de sujetos que sufrieron un SCD, todos ellos padecían de FV. Se realizó un pre-procesamiento para identificar los picos R de las señales ECG, y con ello determinar la variabilidad del ritmo cardíaco (HRV, Heart Rate Variability). Dado que la FV tiene como característica que el tiempo entre sus picos R es reducido, en comparación con un ritmo cardíaco normal, la HRV permite su detección. Con los parámetros de variación de la HRV se realizó un análisis ANOVA, encontrando diferencias significativas en la señal que demuestran que el HRV con un tiempo menor a la media se debe a que se presenta una FV. Usando la transformada WPD (Wavelet Packet Decomposition), se obtuvo la entropía de los nodos terminales que permitieron extraer características de la FV.

Palabras clave—Señales electrocardiográficas, Fibrilación Ventricular, Wavelet Packet Decomposition

I. INTRODUCCIÓN

Las ECV son una de las principales causas de mortalidad en el mundo, y se calcula que causan 17,9 millones de muertes cada año [1]. La principal causa de los decesos diarios es la falta de atención temprana, a pesar de la disminución de las muertes por ECV en el mundo industrializado durante las últimas dos décadas [2-3], aproximadamente el 20% de las muertes repentinas e inesperadas, causadas con mayor frecuencia por FV o asistolia. Casi el 84% de pacientes con SCD son generadas por taquiarritmias ventriculares (incluidas FV y taquicardia ventricular (TV)) y el 16% se debe a bradiarritmia. Estas arritmias a menudo conducen a un paro cardíaco repentino (SCA, *Sudden Cardiac Arrest*), que hace que el corazón no pueda bombear la sangre de manera eficaz y la capacidad de supervivencia de la persona se ve en riesgo. Entonces, un SCA desatendido conduce a la SCD. Existen muchos otros factores de riesgo identificados para la SCD, como enfermedades de las arterias coronarias (EAC), enfermedades valvulares (EV), infarto al miocardio (IM) y factores genéticos.

La investigación en todo el mundo se ha centrado en este grave problema de salud con el objetivo de desarrollar una forma eficaz de predecir el riesgo de SCD utilizando técnicas invasivas y no invasivas [4]. Los estudios muestran que el intervalo QT y la HRV son los indicadores electrofisiológicos más destacados para la evaluación del riesgo de SCD [5]. Sin embargo, la medición del intervalo QT es complejo y se han informado resultados negativos de su capacidad pronóstica [6]. La descomposición de señales ECG con WPD ha demostrado tener potencial para detectar características intrínsecas del intervalo QT [7]. El análisis de la señal HRV ha demostrado ser un predictor fuerte y preciso de la mortalidad después de un IM, destacando también que la HRV disminuye en una persona con mayor riesgo de FV y consecuentemente de una SCD.

II. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una metodología que permita predecir el riesgo de un SCD mediante la caracterización de la FV en función a las características extraídas de las señales electrocardiográficas de pacientes sanos y pacientes que padecieron SCD.

III. METODOLOGÍA

- Bases de datos
Ritmo Sinusal Normal (NSR) que contiene 18 grabaciones de largo plazo (5 hombres de 26 a 45 años y 13 mujeres de 20 a 50 años) muestreadas a 128Hz y Muerte Súbita Cardíaca (SCD) que contiene 19 grabaciones de largo plazo (todos los pacientes tenían VF sostenida y la mayoría tuvo un paro cardíaco real) muestreadas a 250 Hz.
- Pre-procesamiento
Es implementado algoritmo Pan-Tompkins para detección de picos R.
- Segmentación
Se usa vector de localización de los picos R de la señal ECG para segmentar cada intervalo QT del mismo.
- Wavelet Packet Decomposition
Las señales segmentadas son descompuestas en 8 nodos terminales usando una descomposición de 3 niveles con la Daubechies wavelet (db4).

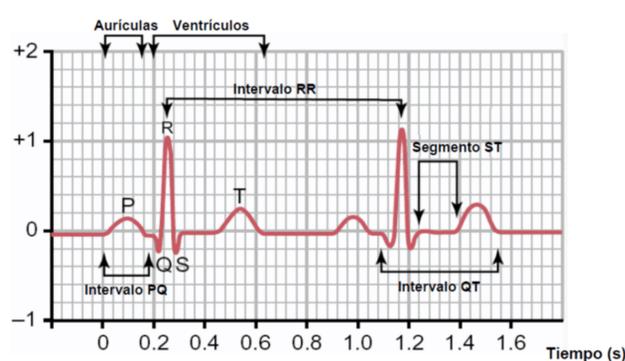


Fig. 1: Ondas, intervalos y segmentos del ECG.

IV. RESULTADOS

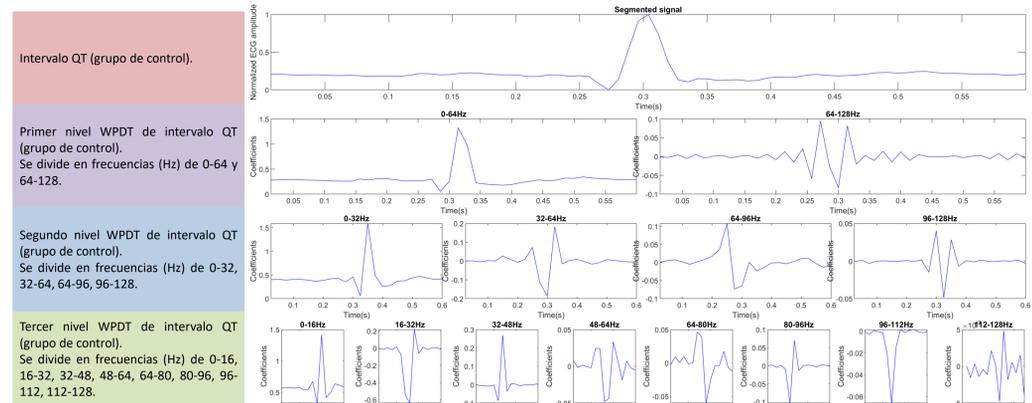


Fig. 2: WPD de 3 niveles del intervalo QT de grupo de control.

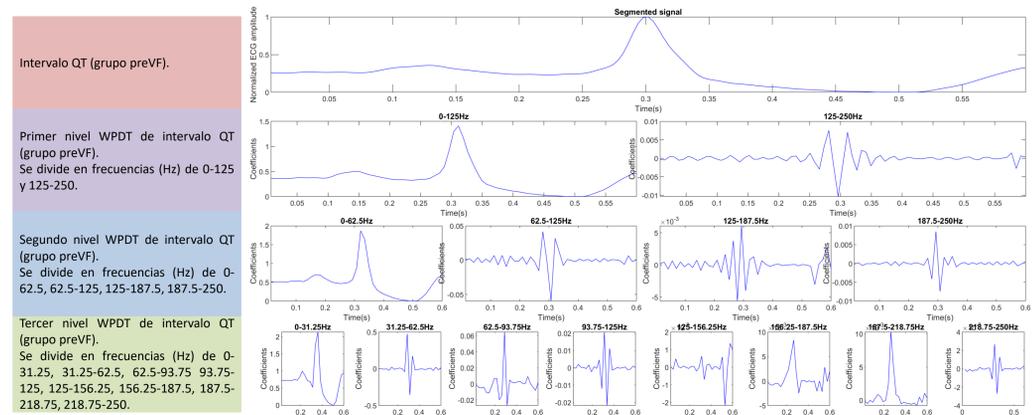


Fig. 3: WPD de 3 niveles del intervalo QT de grupo preVF.

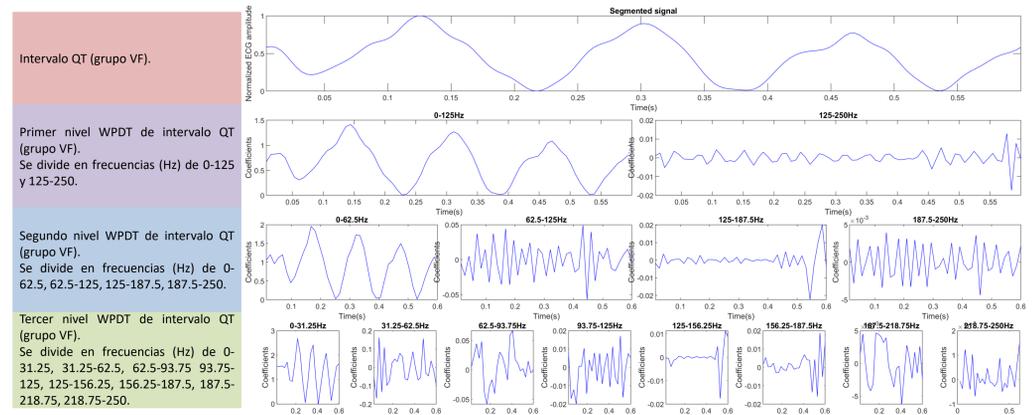


Fig. 4: WPD de 3 niveles del intervalo QT de grupo VF.

En las figuras 2-4 podemos ver tres árboles WPD de tres niveles, donde cada nodo tiene coeficiente de detalle (subnodo derecho) y coeficiente de aproximación (subnodo izquierdo), los últimos ocho nodos representan los nodos terminales y conforman toda la información del intervalo QT de cada grupo. Se observó que los grupos preVF y VF presentan morfologías diferentes en sus ondas debido a la afección en los ventrículos del corazón, mientras que en el grupo de control podemos apreciar la morfología típica del intervalo QT. Esto es detallado por grupos de frecuencia al descomponer la señales con la WPD.

V. CONCLUSIONES

El análisis con la WPD demostró ser una herramienta para analizar el intervalo QT ya que se obtiene con gran detalle las características intrínsecas de cada grupo de señales. Con el fin de evaluar los resultados obtenidos con la WPD se pretende usar un clasificador pero el número de coeficientes extraídos con WPD es extenso. Por lo que se derivara de éstos características de alto nivel. La entropía es una herramienta para medir la incertidumbre del contenido de la información y será calculada en cada nodo terminal para llevar a cabo el aprendizaje automático a través del método Random Forest, el cuál resulta adecuado ya que el costo computacional es bajo ya que no se requieren más de 20 árboles para alcanzar un error mínimo. Los resultados obtenidos mostraron que las características extraídas usando la WPD para clasificación de paciente sano, paciente con riesgo de VF y paciente con VF alcanza una precisión de 91% en prueba y un 87% en validación.

VI. REFERENCIAS

- World Health Organization. (n.d.). *Cardiovascular Diseases*. Retrieved from World Health Organization Web site: https://www.who.int/health-topics/cardiovascular-diseases/#tab=tab_1
- Go, Mozaffarian, Roger, Benjamin, Berry, Borden, . . . Mussolino. (2013). Executive summary: heart disease and stroke statistics-2013 update. A report from the american heart association. *Circulation*, 143-152.
- Huikuri, H., Mäkilä, T., Raatikainen, M., Perkiömäki, J., Castellanos, A., & Myerburg, R. (2013). Prediction of Sudden Cardiac Death: appraisal of the studies and methods assessing the risk of sudden arrhythmic death. *Circulation*, 110-115.
- Lombardi, F., Timo, H., Robert, J., & Heikki, V. (2001). Sudden Cardiac Death: role of heart rate variability to identify patients at risk. *Cardiovas. Res.*, 210-217.
- Pagidipati, N., & Gaziano, T. (2013). Estimating deaths from cardiovascular disease. A review of global methodologies of mortality measurement. *Circulation*, 749-756.
- Shen, T., Shen, H., Lin, C., & Ou, Y. (2007). Detection and prediction of Sudden Cardiac Death (SCD) for personal healthcare. *29th Annual International Conference*, (pp. 2575-2578). Buenos Aires.
- Li, T.; Zhou, M. (2016). ECG Classification Using Wavelet Packet Entropy and Random Forests. *Entropy*, 18, 285. <https://doi.org/10.3390/e18080285>