



# ARRITMIAS: ¿POR QUÉ ESTUDIAR CÓMO LATE EL CORAZÓN ES TAN IMPORTANTE?

DRA. MARISOL MARTÍNEZ ALANÍS  
Profesora-Investigadora de la Facultad de Ingeniería  
Universidad Anáhuac México

El corazón es el órgano encargado de oxigenar la sangre y asegurar que esta llegue a todos los órganos del cuerpo. Para lograrlo, debe contraerse y relajarse de forma continua, generando un bombeo mecánico de la sangre a través de los vasos sanguíneos. El corazón está compuesto por cuatro cavidades: dos aurículas y dos ventrículos. Las aurículas reciben la sangre que viene del resto del cuerpo (una vez que ha entregado todo el oxígeno que contenía) o de los pulmones (después de haber sido recargada de oxígeno) y los ventrículos se encargan de expulsar la sangre del corazón y enviarla hacia los pulmones o el resto del cuerpo. Este movimiento mecánico es controlado eléctricamente por las células cardiacas, las cuales son capaces de generar impulsos eléctricos, conocidos como despolarizaciones, de forma autónoma y transmitirlos entre ellas para generar descargas de forma sincronizada. Estas despolarizaciones sincronizadas son entonces las que controlan el funcionamiento del corazón y, por lo tanto, el bombeo de la sangre.

Una gran ventaja que tiene este proceso eléctrico es que es posible medir las variaciones de voltaje que generan las despolarizaciones de las células cardiacas de forma combinada y, a partir de ellas, generar una onda que represente este proceso cíclico. La onda obtenida recibe el nombre de electrocardiograma (ECG) y puede ser utilizada para analizar si un corazón está latiendo de forma correcta (cuando las descargas se generan en el orden necesario para que la sangre se expulse hacia el resto del cuerpo) o si existe alguna anomalía en la conducción eléctrica que impida que el corazón lata de manera normal. El ECG, tal como se observa en la Figura 1, se compone de



una serie de ondas, segmentos y complejos que representan el orden en el que se llevan a cabo las despolarizaciones y, como consecuencia, la contracción de aurículas y ventrículos. Específicamente la onda P representa la descarga eléctrica en las aurículas, donde inicia el ciclo cardiaco, el complejo QRS en los ventrículos y la onda T el regreso al reposo para volver a iniciar un nuevo ciclo.

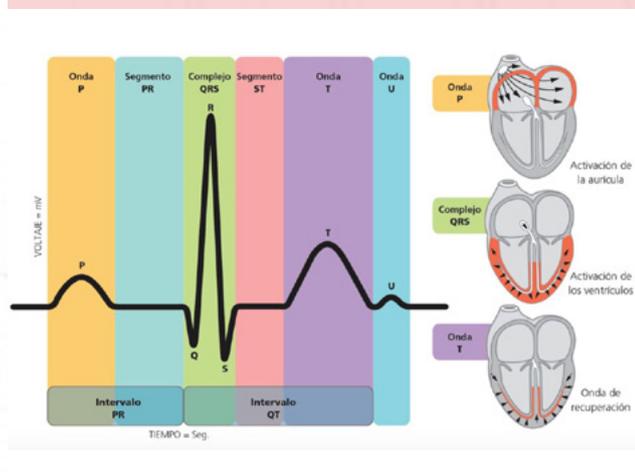


Figura 1. Onda del electrocardiograma y su relación con el movimiento del corazón.

Tomado de: <https://cardiologiaosmochis.com/portfolio/electrocardiograma/>

Las enfermedades más comunes que pueden ser detectadas por una alteración del ECG son conocidas como arritmias. Tal como su nombre lo indica, las arritmias representan una falta de ritmo en el latido del corazón. Pueden ir desde algo tan sencillo como que los latidos se estén originando más rápido de lo normal, conocido como taquicardia, lo que cualquier persona puede llegar a experimentar al aumentar su actividad física, hasta alguna afectación de la conducción que impida la generación de una parte de la onda del ECG. Algunas de estas arritmias más comunes son la fibrilación auricular (Figura 2.b), donde existe una despolarización de las aurículas, perdiendo por completo

la onda P; la taquicardia ventricular (Figura 2.c), donde existe una despolarización continua de los ventrículos, generando varios complejos QRS seguidos; o la fibrilación ventricular (Figura 2.d), donde se presenta una despolarización desincronizada de los ventrículos, generando que el corazón deje de latir. Al comparar estas arritmias, queda claro que algunas generan una mayor deformación de la onda de ECG que otras, lo que puede ser un indicador del riesgo que la arritmia representa en la vida de la persona que la padece, tal sería el caso de la fibrilación auricular, lo que resulta en que existan una gran cantidad de personas que sufren de esta arritmia por años antes de notar alguna consecuencia sobre su salud. En comparación, la taquicardia o la fibrilación ventricular alteran completamente la onda del ECG, por lo que una persona que sufre alguna de estas arritmias se encuentra en alto riesgo de que su corazón incluso deje de funcionar, lo que comúnmente se conoce como un paro cardiaco, que puede llevar incluso a la muerte.

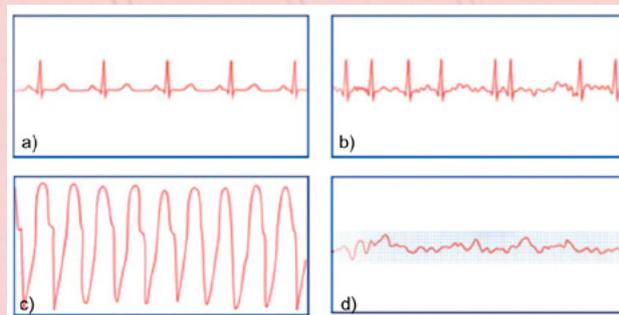


Figura 2. Señal de electrocardiograma representando distintas arritmias: a) Latido normal, b) Fibrilación auricular, c) Taquicardia ventricular, d) Fibrilación ventricular.

Adaptado de: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/heart-arrhythmia/symptoms-causes/syc-20350668>

Debido al impacto que las arritmias pueden tener en la vida de las personas, su estudio se ha convertido en un área de investigación muy importante en el campo de la Ingeniería Biomédica. Continuamente se están buscando nue-



vas técnicas y métodos que permitan analizar la señal de ECG para detectar la presencia de arritmias, encontrar patrones en las arritmias que se presentan para poder definir la etiología que las está causando e, incluso, buscar la manera de predecir el riesgo de que una persona presente alguna de estas arritmias para evitar que se ponga en riesgo su vida.

Un método que ha sido desarrollado con el objetivo de observar patrones en las arritmias es el conocido como *Heartprint*. Este método se enfoca en el estudio de las extrasístoles ventriculares (ESVs), es decir, latidos fuera de tiempo que son generados exclusivamente en los ventrículos. Estas ESVs se presentan como precursoras de la taquicardia y la fibrilación ventricular, por lo que estudiarlas permite tener más información sobre qué elementos pueden llegar a generar estas arritmias fatales. En el *Heartprint* lo que se busca es relacionar la aparición de estas ESVs (etiquetadas como latidos ventriculares), con respecto a los latidos que se inician de forma normal en las aurículas (etiquetados como latidos normales). Una vez que los latidos se han clasificado como ventriculares o normales, se miden una serie de índices que los relacionan, tales como el intervalo de acoplamiento (CI, por sus siglas en inglés) que indica el tiempo que transcurrió entre un latido ventricular y el latido normal inmediatamente anterior, el número de latidos intermedios (NIB, por sus siglas en inglés) indica cuántos latidos normales se presentaron entre dos ventriculares y el intervalo VV, que representa el tiempo transcurrido entre dos ESVs. Además del cálculo de estos índices, el *Heartprint* permite representar gráficamente las relaciones que existen entre los índices calculados y el ritmo normal del corazón (definido como intervalo NN, o tiempo entre dos latidos normales). Para cada uno de estos índices se ge-

nera un histograma, y estos se relacionan con el intervalo NN, para el cual también se genera un histograma, a través de la construcción de histogramas bivariados, donde el intervalo NN corresponde a la abscisa y la ordenada corresponde al intervalo VV, al CI y al NIB respectivamente. En estos histogramas bivariados, un aumento en la frecuencia se representa como un color más intenso (tonos rojos), mientras que una disminución en las coincidencias de estas se muestra con color azul. La Figura 3 muestra un ejemplo del *Heartprint* generado a partir de una señal de ECG con una duración de 24 horas.

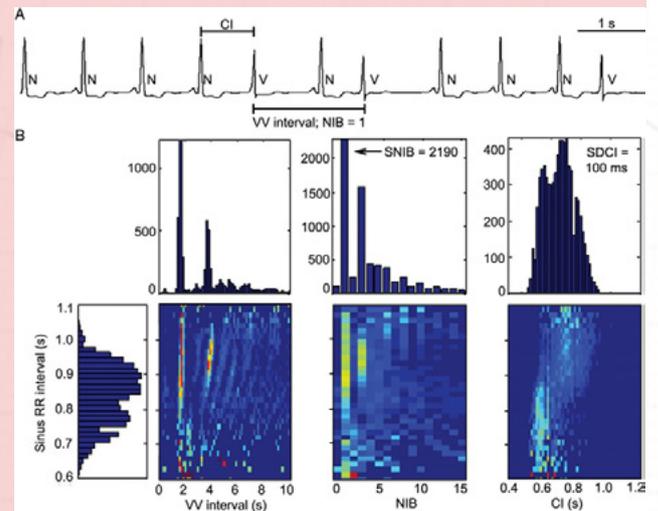


Figura 3. Análisis de extrasístoles ventriculares (ESVs) utilizando el método de heartprint. A) Muestra un segmento de la señal de ECG donde se pueden observar tanto latidos normales (N) como las ESVs (V) junto con el intervalo NN, el intervalo VV, NIB y CI. B) Muestra los histogramas que conforman el *Heartprint* y que corresponden al registro mostrado en A. Adaptado de <https://doi.org/10.1093/europace/eus415>

El *heartprint* es un método visual que permite la identificación de patrones de comportamiento en la aparición de las ESVs. Por ejemplo, es posible identificar si la aparición de las ESVs está relacionada con un valor específico de frecuencia cardiaca, o si el número de



latidos normales que se presentan entre dos ESVs se mantiene constante (esto se puede observar cuando en el histograma bivariado de NIB se muestran colores más intensos para un valor de NN). También es posible identificar si hay interacciones entre el ritmo normal y la generación de las ESVs, cuando el histograma bivariado correspondiente al CI muestra poca dispersión y se encuentra concentrado en un rango pequeño. A pesar de que estas características son cualitativas, pues se basan en inspección visual, es posible usar modelos matemáticos que ayuden a describir el comportamiento de los mecanismos de las arritmias, logrando así comprender mejor el efecto que tienen las ESVs sobre la fisiología cardíaca.

A pesar de que este método puede ofrecer mucha información sobre el comportamiento del corazón de un paciente y de que existen herramientas disponibles de acceso gratuito para generar estos histogramas (disponible en: <https://physionet.org/content/heart-prints/1.0.0/>), la realidad es que este es un método que tiene poco uso en la clínica por la complejidad requerida del análisis y porque normalmente se requieren registros largos de alrededor de 24 horas de duración para generarlo. Es por esto que en la Coordinación de Ingeniería Biomédica de la Universidad Anáhuac México, en colaboración con el Departamento de Instrumentación Electromecánica del Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez", se ha trabajado en el desarrollo de herramientas que permitan a cualquier persona hacer uso del *Heartprint* sin la necesidad de tener habilidades de procesamiento de señales y programación, enfocándose únicamente en su utilidad clínica. También se ha trabajado en probar generar estos índices usando registros más cortos (alrededor de 15 minutos), lo

que puede probar ser de gran ventaja cuando se quiera implementar este método para la detección rápida de arritmias. Un ejemplo de que trabajar con registros cortos puede ser de gran utilidad es si se busca predecir el riesgo de presentar alguna enfermedad utilizando métodos de *machine learning*. Específicamente se ha trabajado en detectar el riesgo de muerte cardíaca súbita como consecuencia de una taquicardia o fibrilación ventricular utilizando máquinas de soporte vectorial.

Definitivamente cualquier método que permita analizar las arritmias con mayor detalle, entender por qué se presentan y detectar elementos de riesgo que las antecedan se vuelve una herramienta fundamental que permitirá que personas que sufran de estas enfermedades puedan tener una mejor calidad de vida y un tratamiento oportuno.

#### Referencias

- Martínez-Alanis, M., Bojorges-Valdez, E., Wessel, N., & Lerma, C. (2020). Prediction of sudden cardiac death risk with a support vector machine based on heart rate variability and heartprint indices. *Sensors*, 20 (19), 5483. <https://doi.org/10.3390/s20195483>
- Coeto, R., Cuellar, M. F., Íñiguez, J. R., Lerma, C., y Martínez, M. (2017, septiembre). Desarrollo de una interfaz para análisis sistemático de intervalos RR en pacientes con extrasístoles ventriculares frecuente. En *Memorias del Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica*, vol. 4, núm. 1, pp. 367-370). <http://memoriascnib.mx/index.php/memorias/article/view/288>
- Martínez-Alanis, M., Ruiz-Velasco, S., & Lerma, C. (2016). Quantitative analysis of ventricular ectopic beats in short-term RR interval recordings to predict imminent ventricular tachyarrhythmia. *International Journal of Cardiology*, 225, 226-233. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.09.117>