



Generación de señales de electrocardiograma a partir de un modelo de osciladores no lineales.

Ulises Uriostegui Legorreta¹, Mauricio Yamil Tame Soria¹ y Luis Manuel García Valdivia¹
1 Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la UMSNH. uli_mat@hotmail.com

El corazón humano late entre 2 y 3 mil millones de veces en una vida normal. La función de bombeo del corazón se inicia mediante potenciales de acción que surgen del nódulo sinoauricular (SA). Esta señal eléctrica viaja a través de los músculos auriculares hasta el nódulo auriculoventricular (AV). Finalmente, los impulsos eléctricos se propagan a lo largo del complejo His-Purkinje provocando la contracción de los músculos ventriculares. Este proceso conduce al suministro de sangre a todo el cuerpo. Los eventos de despolarización y repolarización que ocurren con cada ciclo cardíaco reflejan el flujo de corriente iónica que da lugar a un potencial eléctrico variable en el tiempo en la superficie de la piel, que representa la información física registrada en un electrocardiograma (ECG). Dado que la señal de ECG contiene información de los eventos eléctricos del ciclo cardíaco, ha sido ampliamente utilizada para detectar anomalías del corazón, generalmente denominadas arritmias. Entre estas se encuentra la fibrilación ventricular (FV) particularmente maligna que sin intervención médica oportuna provoca la muerte súbita cardíaca en pocos minutos. Dado que la FV se caracteriza por un estado de contracción arrítmica irregular de los músculos ventriculares, se ha señalado como un proceso estocástico y errático. Sin embargo, la teoría de sistemas dinámicos no lineales se reconoce como una herramienta útil que puede contribuir a la comprensión de los mecanismos subyacentes de las arritmias letales y las enfermedades cardíacas. En este trabajo se estudia un modelo para generar señales de electrocardiograma basado en un sistema dinámico de tres osciladores no lineales acoplados bidireccionalmente que simulan los principales marcapasos del corazón. El modelo reproduce electrocardiogramas de corazones sanos y de pacientes que sufren varios trastornos del ritmo bien conocidos. En particular, se muestra que bajo fibrilación ventricular, la señal del electrocardiograma es caótica y la transición del ritmo sinusal al caos es consistente con la ruta Ruelle-Takens-Newhouse al caos, como indican los resultados numéricos. El acoplamiento de los tres osciladores no lineales generan varias patologías de arritmias cardíacas, por lo que se ha realizado un estudio numérico para caracterizar los parámetros de control para cada patología y encontrar el rango de cada parámetro. Los resultados numéricos demuestran que las señales de electrocardiograma generadas sirven para el entrenamiento de redes neuronales, para la detección de arritmias cardíacas en tiempo real. Este modelo de osciladores no lineales constituye una herramienta útil para fines de investigación, educación médica y ensayos clínicos.