

DINÁMICA ANUDADA DE LA ACTIVIDAD CARDIACA

Autores: Ing. Daniel Enrique Rivas Cisneros ^a y Dr. David Alejandro Díaz Romero ^b
 Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
 E-mail^a : enriquerivascisneros@hotmail.com *, E-mail^b: ddiaz.uanl@gmail.com

Resumen

De acuerdo con el Sistema Nacional de Información de Salud, después de la diabetes, las enfermedades cardiovasculares ocupan actualmente en México, el segundo lugar como causa de muerte tanto en hombres como mujeres [1], así como el primer lugar a nivel mundial [2]. El problema del diagnóstico de enfermedades cardiovasculares es muy complejo, basta decir que el corazón mismo forma un sistema complejo en sí [3,4].

Los problemas cardíacos suelen ser muy variados y diferentes, tanto en sus síntomas como en sus complicaciones; el diagnóstico de patologías cardíacas frecuentemente difiere del padecimiento del paciente. Algunas de las razones por las que se pueden generar diagnósticos incorrectos, son la falta de personal especializado, una mala aplicación de técnicas invasivas tales como el cateterismo, falta de unificación de criterios a la hora de dictaminar, etc. Lo cual pone en riesgo la salud del paciente.

EL objetivo de este trabajo es desarrollar las bases de una metodología que ayude al estudio y eventualmente al diagnóstico de anomalías del corazón utilizando herramientas matemáticas cualitativas. La teoría de nudos [5,6] es la rama de la topología que se encarga de encontrar diferencias y similitudes en trayectorias cerradas en tres dimensiones [7,8].

En este trabajo se aplica esta teoría al análisis de trayectorias generadas por el corazón, creando una firma topológica a partir de la dinámica mostrada en un electrocardiograma.

Introducción y objetivos

La teoría de nudos es la rama de la topología que se encarga de la esencia en sí de un nudo. La teoría de nudos pretende diferenciar un sistema anudado de otro; esto quiere decir que con esta herramienta es posible saber si dos trayectorias tienen la misma estructura topológica [8].

El primer lugar donde la teoría de nudos encontró aplicaciones fue en el estudio del ADN. En 1953, James Watson y Francis Crick descubrieron que el material genético ADN tomaba la forma de una doble hélice. A partir de dicho descubrimiento, la relación entre el ADN y la teoría de nudos han sido interminables. La teoría de nudos ayuda a los biólogos a estudiar el comportamiento del material genético, como se va anudando y como se va elaborando como cadena.

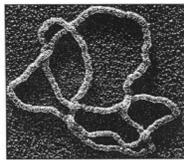


Figura 1: Anudamiento del ADN [9]

Matemáticamente un nudo <K> es una curva cerrada en el espacio en tres dimensiones que no se intersectan en ningún lugar [7].

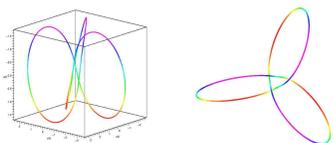


Figura 2: Nudo en 3D y su proyección en 2D

El problema fundamental de la teoría de nudos es saber si dos nudos son o no equivalentes. Un camino para probar que dos nudos son equivalentes es usando cantidades a las que llamamos invariantes polinomiales, que asociaremos a los nudos. Cuando tengamos dos nudos con polinomios diferentes, sabremos que son dos nudos distintos [6].

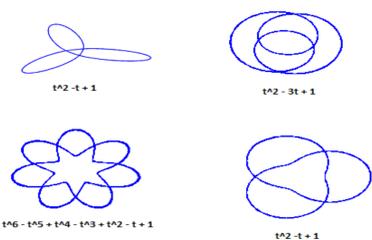


Figura 23 Ejemplo de nudos y sus polinomios

El objetivo del proyecto es sentar las bases para una clasificación de anomalías del corazón utilizando métodos topológicos y comprobar que un electrocardiograma o el sistema cardíaco en general puede representarse por medio de un nudo.

Metodología

1. Unión entre teoría de nudos y cardiología

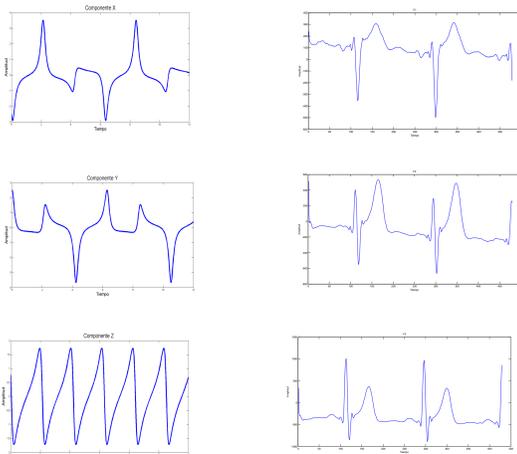


Figura 5: Derivaciones V1, V2 y V3 de un electrocardiograma.



Figura 4: Nudo trébol y sus componentes en (x, y, z)

Algunos sistemas dinámicos oscilatorios con trayectorias tridimensionales pueden ser representados por medio de nudos. En la figura 4 observamos una realización del nudo trébol donde se utilizan tres señales donde al graficarlas en tres dimensiones obtenemos el nudo trébol cuyo polinomio es $t^2 - t + 1$.

Esta metodología es la que se desea utilizar en las señales de los electrocardiogramas, con tres de las doce derivaciones encontrar el nudo que represente a esa señal específica de la actividad cardíaca.

2. Mediante un algoritmo [10] se obtiene los datos que representan el nudo de una actividad cardíaca en específica y luego encontrar su polinomio que represente a ese nudo mediante un software.

Resultados

1. Resultados con electrocardiogramas reales

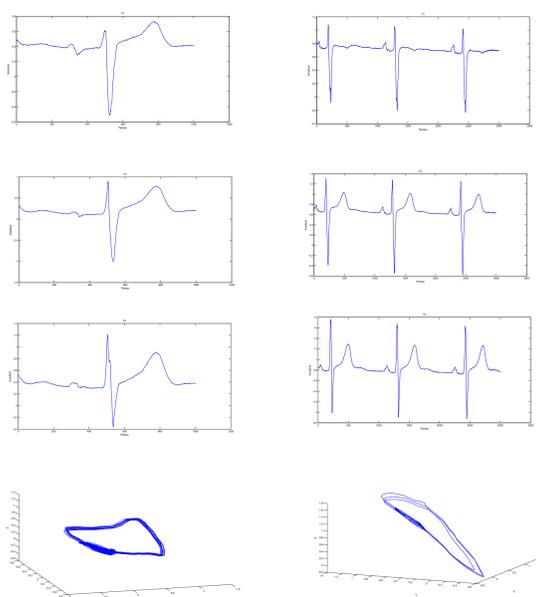


Figura 6: ECG 1 polinomio encontrado (1).

Figura 7: ECG 1 polinomio encontrado (1).

Estos electrocardiogramas pertenecen a dos personas distintas y podemos observar que obtuvimos el mismo polinomio el cual nos dice que estas dos personas tienen la misma característica de actividad cardíaca.

Resultados

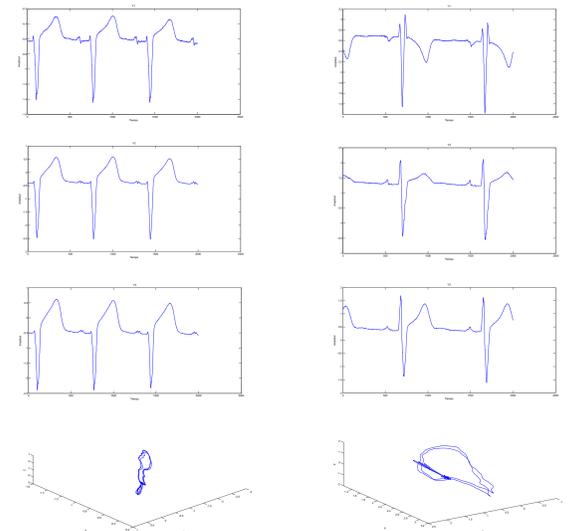


Figura 8: ECG 3 polinomio encontrado ($-t + 1$).

Figura 9: ECG 4 polinomio encontrado ($t^2 - t + 1$).

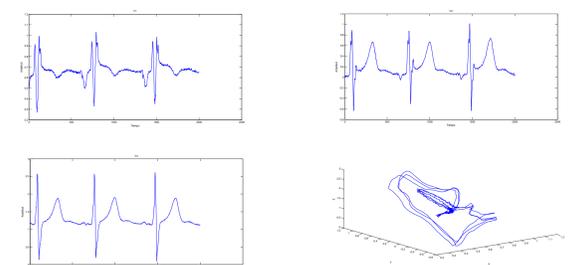


Figura 10: ECG 5 polinomio encontrado ($t^4 - 5t^3 + 7t^2 - 5t + 1$).

En este ejemplo se pueden observar los electrocardiogramas de tres personas diferentes, los polinomios son diferentes entre sí, lo cual indica diferente actividad cardíaca.

Conclusiones

Con los resultados obtenidos se puede observar que con la teoría de nudos es posible diferenciar la dinámica de los electrocardiogramas de pacientes diferentes y así se podría inferir alguna anomalía en la actividad cardíaca del paciente.

Agradecimiento

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo y la beca otorgada para la maestría y así como al proyecto PAICYT-UANL IT574-10.

Bibliografía

- [1] La UNAM desarrolla métodos para diagnosticar enfermedades cardiovasculares. <http://noticias.unam.mx/ciencias-nn-tt/noticias/201>
- [2] Cardiovascular diseases. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/en/index.html>
- [3] C.S. Peskin, "Mathematical Aspects of Heart Physiology", CIMSP, 1975
- [4] D.C. Michaels, E. P. Matyas, J. Jalife, "Mechanisms of sinoatrial pacemaker synchronization: A new hypothesis," CR, (1987)
- [5] L.H Kauffman, "The knots and physics" World Scientific, 1991.
- [6] C. C. Adams, "The knot Book: An Elementary Introduction to The Mathematical Theory Of Knots". American Soc, 2004
- [7] D. A. Díaz and S. P. Banks, "Dynamical systems, periodic orbits and knots". Proc. Of the fifth ICC'2004, (Vol. I):71,2004.
- [8] G. Buck and J. Simón, "Knots as Dynamical Systems", Topology Appl., 51 (3):229-246, 1993
- [9] S. Wasserman, J. Dungan, and N. Cozzarelli, "Discovery of a predicted dna knot substantiates a model site-specific recombination", Science, 229, 1985
- [10] D. A. Díaz-Romero, "Knotted Dynamical Systems" Doctoral Thesis, 2007
- [11] J. S. Birman and R. F. Williams, "Knotted periodic orbits in dynamical systems I. Lorenz equations" Topology 22, 1983

