

Juan Alberto Viteri-Rodríguez; Ricardo Fabián Siza-Gualpa

<http://dx.doi.org/10.35381/s.v.v5i1.1591>

Pronosticador de hipertrofia ventricular mediante el uso de electrocardiogramas desarrollados en el software comercial MATLAB

Ventricular hypertrophy predictor using electrocardiograms developed in commercial MATLAB software

Juan Alberto Viteri-Rodríguez

juan_beto77@hotmail.com

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-2463-7036>

Ricardo Fabián Siza-Gualpa

rievasol@gmail.com

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-3775-4397>

Recepción: 10 de agosto 2021
Revisado: 15 de septiembre 2021
Aprobación: 15 de noviembre 2021
Publicación: 01 de diciembre 2021

Juan Alberto Viteri-Rodríguez; Ricardo Fabián Siza-Gualpa

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la utilidad del software MATLAB como pronosticador de patologías cardiovasculares ventriculares, en función de un algoritmo matemático con utilidad en la salud pública. **Método:** Cuasi experimental. **Resultados:** El reconocimiento se centra en el intervalo QT del eje horizontal de ECG teniendo en cuenta que dicho intervalo debe estar en un rango de 0.35-0.45 s para no ser patológico. **Conclusión:** El software MATLAB es una herramienta básica para el desarrollo de este tipo de algoritmos, ya que minimiza el trabajo de cálculos y saca ventaja de la exactitud de las gráficas de ECG para un mejor diagnóstico médico. El uso de algoritmos y utilización de ecuaciones ya estructuradas en artículos consultados permitió analizar la variación que se da en el intervalo QT en un tiempo determinado, quedando demostrado que puede servir para diagnosticar patologías relacionadas con la bradicardia y otras patologías similares.

Descriptores: Telecardiología; Servicio de Cardiología en Hospital; estadística & datos numéricos. (Fuente: DeCS).

ABSTRACT

Objective: to evaluate the usefulness of MATLAB software as a predictor of ventricular cardiovascular pathologies, based on a mathematical algorithm with utility in public health. **Method:** Quasi-experimental. **Results:** The recognition is focused on the QT interval of the ECG horizontal axis, taking into account that this interval must be in a range of 0.35-0.45 s in order not to be pathological. **Conclusion:** MATLAB software is a basic tool for the development of this type of algorithms, since it minimizes the computational work and takes advantage of the accuracy of ECG graphs for a better medical diagnosis. The use of algorithms and use of equations already structured in consulted articles allowed analyzing the variation that occurs in the QT interval in a given time, being demonstrated that it can be used to diagnose pathologies related to bradycardia and other similar pathologies.

Descriptors: Telecardiology; Cardiology Service, Hospital; statistics & numerical data. (Source: DeCS).

Juan Alberto Viteri-Rodríguez; Ricardo Fabián Siza-Gualpa

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de un algoritmo pronosticador de patologías cardíacas utilizando software Matlab (1) (2) (3) (4) (5) se podría considerar como una aplicación que va a dotar al sector médico con una herramienta de solución a los problemas de difícil diagnóstico del músculo cardíaco. El corazón al ser un órgano dependiente de factores externos e internos que influyen en su comportamiento es capaz a generar diferentes tipos de enfermedades las cuales desembocan en una patología cardíaca crónica e irreversible conocida como insuficiencia cardíaca (6) (7)

La probabilidad que esta patología se diagnosticada a tiempo es muy escasa sobre todo si el paciente con signos y síntomas depreciables no asiste a consulta médica. La alteración del intervalo QT para el inicio de cualquier tipo de patología cardíaca es prácticamente depreciable. Es decir, el alargamiento del intervalo QT en el ECG corresponde en estadios iniciales a una afección de bradicardia que puede ser reversible si es detectada a tiempo, pero si esta evoluciona en un tiempo promedio de 10 años, se desarrollará como una patología crónica irreversible que lleva al paciente a lo que conocemos como insuficiencia cardíaca (8).

El estudio del electrocardiograma es necesario y de gran importancia para poder analizar las diferentes ondas e intervalos de los que está formado. Sin embargo, debido a la gran cantidad de variables el estudio se centró en el comportamiento anormal del intervalo QT que posteriormente sirve para modelar un Electrocardiograma (ECG) patológico en función del tiempo (9) (10) (11).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la utilidad del software MATLAB como pronosticador de patologías cardiovasculares ventriculares, en función de un algoritmo matemático con utilidad en la salud pública.

Juan Alberto Viteri-Rodríguez; Ricardo Fabián Siza-Gualpa

MÉTODO

La investigación es de tipo cuasi experimental, basada en modelos ideales ya existentes del funcionamiento del corazón, considerando que, si se alteran las variables del ECG por factores externos como el género, condición de vida, edad, por lo tanto, se producen variaciones del ECG original. En base a datos estadísticos se determina que la probabilidad para que una persona empiece a generar signos y síntomas de alguna patología cardíaca es a partir de los 45 años, llegando está a evolucionar en un periodo de 10 años en una patología crónica e irreversible denominada Insuficiencia Cardíaca. En el aspecto cuantitativo se tabulan los datos del crecimiento exponencial de la hipertrofia ventricular, enfocando particularmente el intervalo QT para así llegar a obtener resultados que demuestren la variación de las imágenes espectrales de los ECG en diferentes intervalos de tiempo. Para ello se utiliza el Análisis Espectral, Software Matlab y Fisiología Cardíaca del corazón sano y patológico.

RESULTADOS

Algoritmo Pronosticador de Insuficiencia Cardíaca (IC)

Partiendo de la serie de Fourier (12) que representa la imagen de un ECG ideal y la ecuación que refleja el metabolismo de gasto cardíaco, se establece un algoritmo capaz de pronosticar una Insuficiencia Cardíaca (IC) en un tiempo de 10 años. Conociendo el resultado de la serie de Fourier que representa un ECG ideal:

$$[1] \quad f(t) = a \left[\frac{1}{L} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{\pi} \left(\frac{\text{Sen}\left(\frac{\pi}{2b}(b-2n)\right)}{b-2n} + \frac{\text{Sen}\left(\frac{\pi}{2b}(b+2n)\right)}{b+2n} \right) \text{Cos}\left(\frac{n\pi}{L}t\right) \right]$$

Elaboración: Los autores.

Juan Alberto Viteri-Rodríguez; Ricardo Fabián Siza-Gualpa

Y basándose en la ecuación que refleja el metabolismo de gasto cardiaco, se obtiene la siguiente grafica que representa:

$$rt = r_{MAX} (1 - e^{-t/B}) \quad [2]$$

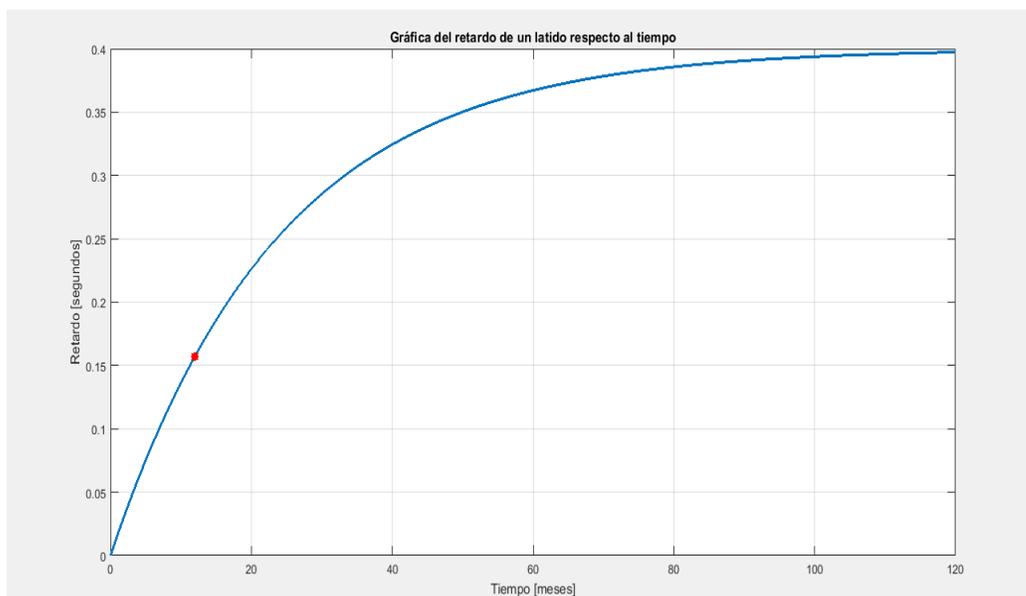


Figura 1. Representación del desarrollo de la patología cardiaca en un intervalo de tiempo 10 años.

Elaboración: Los autores.

Como se observa en la figura la bradicardia tiende a estabilizarse en un periodo de 10 años debido a la pérdida de su morfología cardiaca normal. Esto se debe a que el corazón empieza a dejar de funcionar generando a nivel fisiológico una insuficiencia cardiaca.

La IC es un síndrome que presenta las siguientes características típicas como falta de aire o fatiga tanto en reposo como durante el ejercicio; signos de retención de líquidos, como congestión pulmonar o hinchazón de tobillos, y evidencia objetiva de una alteración

Juan Alberto Viteri-Rodríguez; Ricardo Fabián Siza-Gualpa

cardíaca estructural o funcional en reposo (13). Estos signos y síntomas pueden ser diagnosticados cuando la IC ya está presente, lo que se desarrolla a continuación es una secuencia de pasos que ayuda a predecir la alteración de la bradicardia hasta llegar a la Insuficiencia Cardíaca, siendo capaces de saber el diagnóstico de la bomba cardíaca en un periodo de tiempo de 10 años.

En la secuencia del algoritmo se plantean códigos que representan diferentes tipos de gráficos, estos son analizados con el fin de observar el incremento del intervalo QT que son directamente proporcionales a los coeficientes de la serie. Las gráficas generadas por los Códigos del pronosticador en el programa MATLAB, servirá para analizar la evolución de la patología hasta llegar a la IC.

El reconocimiento se centra en el intervalo QT del eje horizontal de ECG teniendo en cuenta que dicho intervalo debe estar en un rango de 0.35-0.45 s para no ser patológico. Ahora el retraso del intervalo en función del tiempo, por encima 0.45 s ayudara a diagnosticar el nivel de bradicardia hasta llegar a su estado final de Insuficiencia Cardíaca. A partir de la gráfica de un ECG sin patología generado en MATLAB podemos establecer su alteración conforme pasan los años.

Juan Alberto Viteri-Rodríguez; Ricardo Fabián Siza-Gualpa

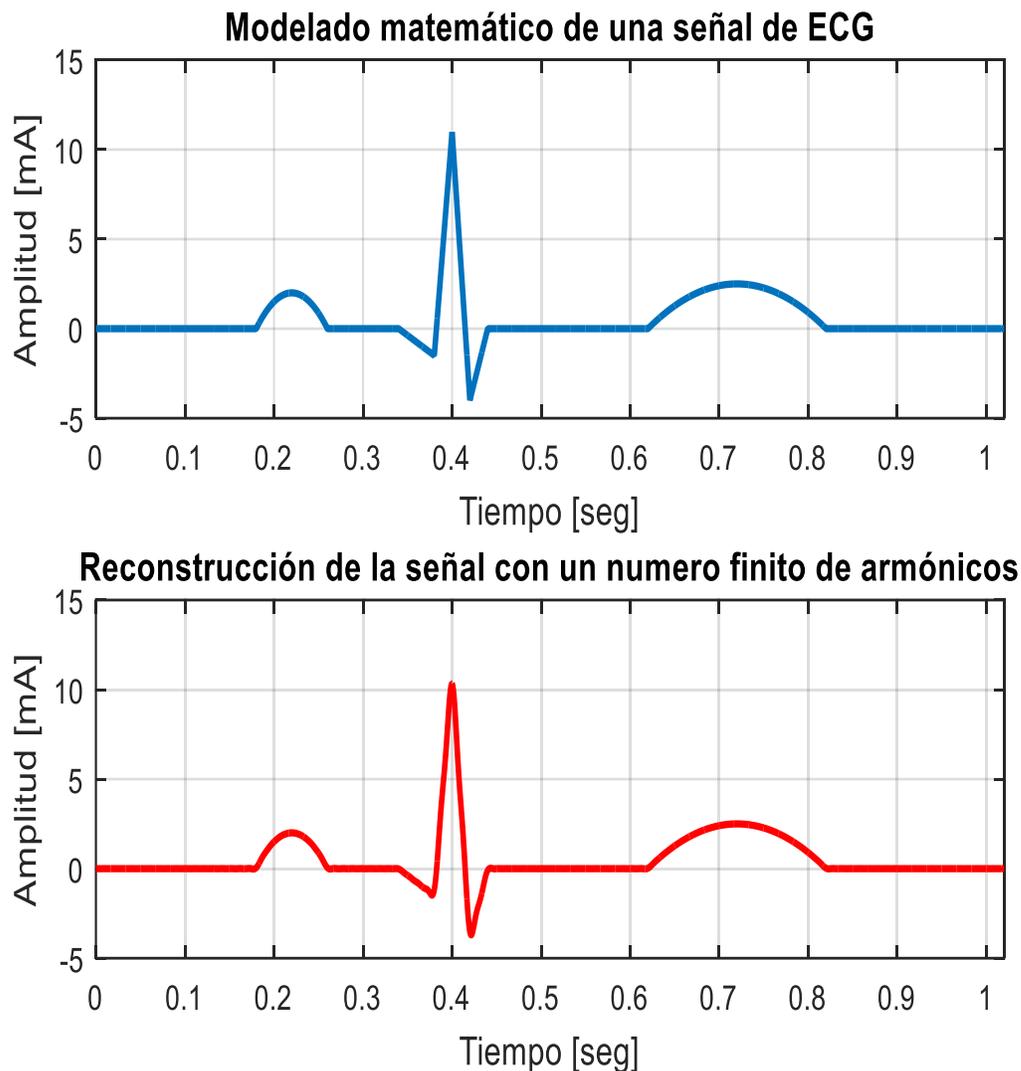


Figura 2. Representación Modelado y Reconstrucción del ECG en estado basal y sin patología alguna.

Elaboración: Los autores.

Al observar el gráfico de algoritmo de un ECG sin patología creado un número finito de armónicos se observa que está formado por ondas cuadráticas y triangulares mostrando de izquierda a derecha la onda P, complejo QRS y la onda T ideales.

Juan Alberto Viteri-Rodríguez; Ricardo Fabián Siza-Gualpa

ECG Normal

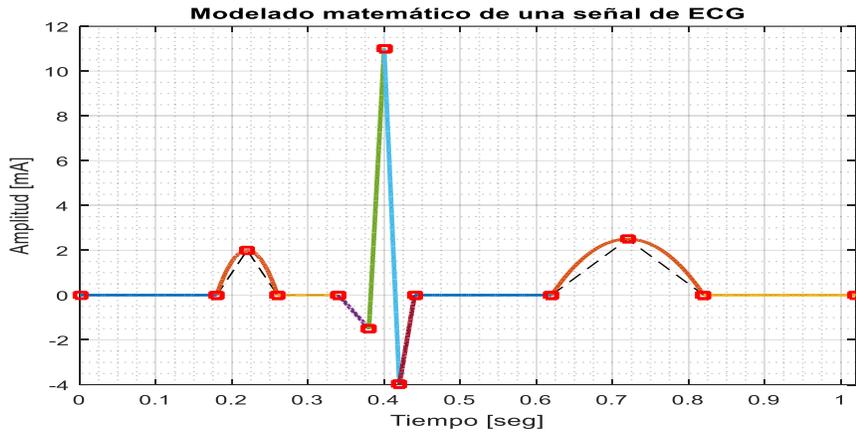


Figura 3. ECG Normal.
Elaboración: Los autores.

Este ECG muestra el comportamiento del musculo cardiaco ideal, generando ondas P, T y el complejo QRS en función del tiempo. En este ECG se aprecia el intervalo QT en estado basal.

ECG Patológico

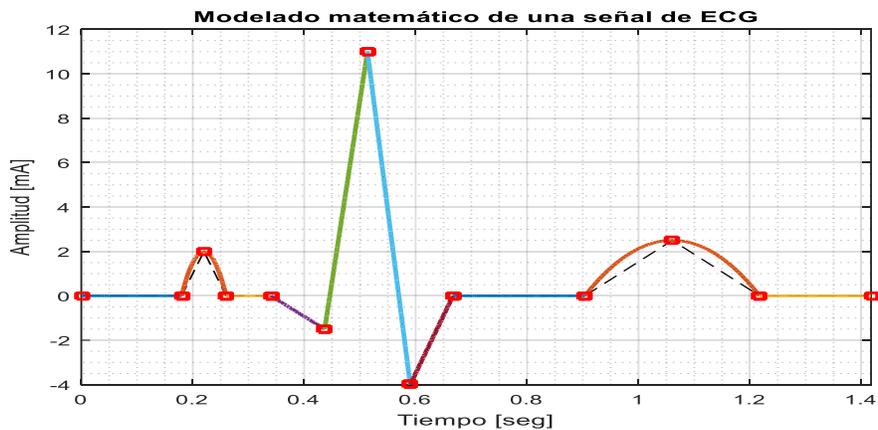


Figura 4. ECG con Insuficiencia Cardíaca.
Elaboración: Los autores.

Juan Alberto Viteri-Rodríguez; Ricardo Fabián Siza-Gualpa

Este ECG muestra la variación del comportamiento del musculo cardiaco, generando ondas P, T y el complejo QRS patógenas. En este ECG se aprecia el intervalo QT de mayor tamaño, esto ayuda a diagnosticar la patología cardiaca IC.

DISCUSIÓN

El software está diseñado para diferenciar el intervalo QT que produce un ECG mediante el cual se observa una gráfica donde se grafican ECG en tiempos prudentes para diagnosticar a los pacientes y según la etapa de evolución en función del tiempo y la bradicardia dar un tratamiento oportuno. El pronosticador permitió generar dos ECG, uno en estado basal y otro patológico.

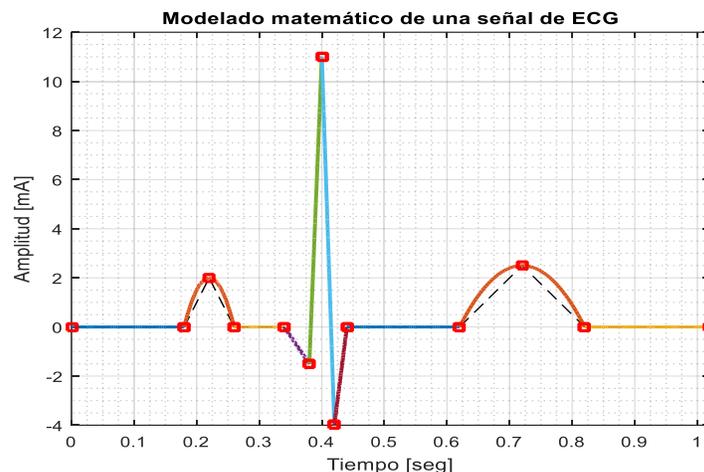


Figura 5. ECG Normal.

Elaboración: Los autores.

El modelo matemático de carácter pronosticador se rige a la evolución de tipo exponencial el cual está dividido en tres estadios que ayudaran de alguna forma a tratar de prevenir la patología.

Juan Alberto Viteri-Rodríguez; Ricardo Fabián Siza-Gualpa

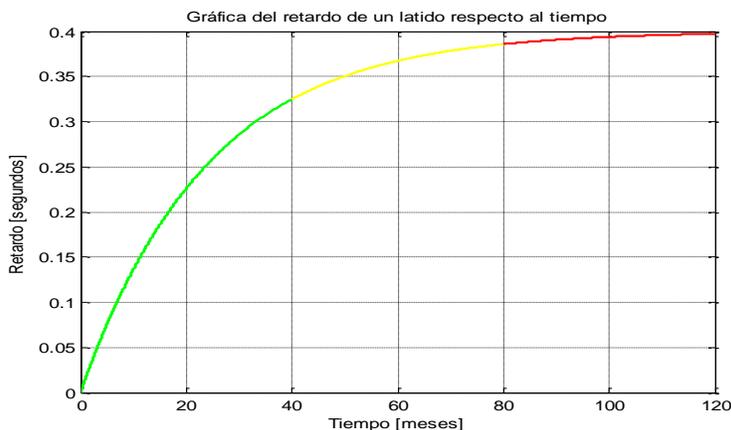


Figura 6. Estadios según la evolución de la Bradicardia desembocando en Insuficiencia Cardíaca.

Elaboración: Los autores.

Como se puede observar la evolución de la Bradicardia (14) (15) en función del tiempo tiene comportamiento exponencial dando como consecuencia insuficiencia cardíaca. Ahora se evidencia que en cada uno de los rangos de tiempo la pendiente de la patología es diferente por lo que se ha dividido para su análisis en tres intervalos.

- i. El primer intervalo denotado de color verde se puede observar que el intervalo QT aumenta de forma excesiva, generando una bradicardia espontánea.
- ii. El segundo intervalo denotado de color amarillo y se puede observar que el retardo del intervalo QT decrece de una forma considerable, generando una bradicardia de instauración y próxima a una Insuficiencia Cardíaca.
- iii. El tercer intervalo denotado de color rojo y se puede observar que el retardo del intervalo QT llegando a su límite, generando una bradicardia instauración de Insuficiencia Cardíaca siendo esta completamente irreversible.

Como se observa, se tiene el ECG con sus características basales onda P complejo QRS y onda T. Sin embargo, la variación del intervalo QT se encuentra etapa de IC.

Juan Alberto Viteri-Rodríguez; Ricardo Fabián Siza-Gualpa

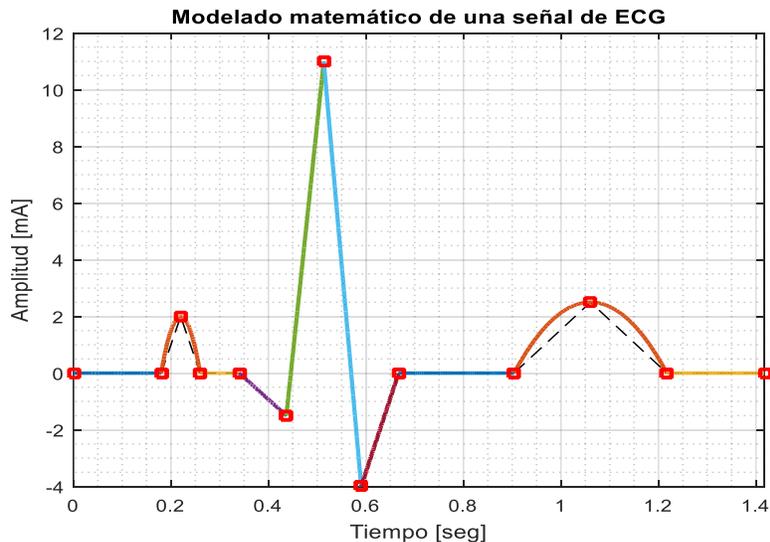


Figura 7. ECG con Insuficiencia Cardíaca en la semana 60.
Elaboración: Los autores.

Se puede observar con gran exactitud el crecimiento del intervalo QT según la escala marcada por el software, garantizando un fácil diagnóstico en comparación con un ECG común.

El software además posee la capacidad de manejar otras variables que no solo tengan que ver con el intervalo QT, sino también con la onda P y complejo QRS que influyen de manera directa con los problemas relacionados con la fisiología de las aurículas y ventrículos cardiacos.

Por otro lado, se debe tomar en cuenta para el tratamiento, variables no farmacológicas como la sexo, estilo de vida, IMC y cardiopatías ya existentes en el paciente, teniendo como propósito futuro generar aplicaciones electrocardiográficas en leguajes de programación gratuita y teléfonos móviles enfocados en un tratamiento de prevención oportuno.

Juan Alberto Viteri-Rodríguez; Ricardo Fabián Siza-Gualpa

CONCLUSIONES

El análisis espectral sirve para analizar bioseñales periódicos, en este caso electrocardiogramas; gracias a este avance se ha podido desarrollar el pronosticador de una de varias patologías cardiacas, para el caso el pronosticador de insuficiencia cardiaca mediante el desarrollo de la bradicardia en un periodo de determinado de tiempo.

El software MATLAB es una herramienta básica para el desarrollo de este tipo de algoritmos, ya que minimiza el trabajo de cálculos y saca ventaja de la exactitud de las gráficas de ECG para un mejor diagnóstico médico.

El uso de algoritmos y utilización de ecuaciones ya estructuradas en artículos consultados permitió analizar la variación que se da en el intervalo QT en un tiempo determinado, quedando demostrado que puede servir para diagnosticar patologías relacionadas con la bradicardia y otras patologías similares.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen conflicto de interés en la publicación del artículo.

FINANCIAMIENTO

Autofinanciado.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Regional Autónoma de los Andes, por apoyar el desarrollo de la investigación.

Juan Alberto Viteri-Rodríguez; Ricardo Fabián Siza-Gualpa

REFERENCIAS

1. Rogalski M, Zdańkowski P, Trusiak M. FPM app: an open-source MATLAB application for simple and intuitive Fourier ptychographic reconstruction. *Bioinformatics*. 2021;btab237. doi:[10.1093/bioinformatics/btab237](https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btab237)
2. Eshghi S, Nooraefar V, Darvizeh A, Gorb SN, Rajabi H. *WingMesh*: A Matlab-Based Application for Finite Element Modeling of Insect Wings. *Insects*. 2020;11(8):546. doi:[10.3390/insects11080546](https://doi.org/10.3390/insects11080546)
3. Jalalvand AR, Roushani M, Goicoechea HC, Rutledge DN, Gu HW. MATLAB in electrochemistry: A review. *Talanta*. 2019;194:205-225. doi:[10.1016/j.talanta.2018.10.041](https://doi.org/10.1016/j.talanta.2018.10.041)
4. Moukarzel G, Lemay MA, Spence AJ. A *MATLAB* application for automated H-Reflex measurements and analyses. *Biomed Signal Process Control*. 2021;66:102448. doi:[10.1016/j.bspc.2021.102448](https://doi.org/10.1016/j.bspc.2021.102448)
5. Haji Maghsoudi O, Vahedipour A, Gerstenhaber J, et al. Matlab software for impedance spectroscopy designed for neuroscience applications. *J Neurosci Methods*. 2018;307:70-83. doi:[10.1016/j.jneumeth.2018.06.020](https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2018.06.020)
6. Li C, An X, Niu L, Zhang H, Wang Z, Fu M. Cardiac insufficiency in infants. *Minerva Pediatr*. 2017;69(3):219-224. doi:[10.23736/S0026-4946.16.04365-6](https://doi.org/10.23736/S0026-4946.16.04365-6)
7. Han X, Zhang S, Chen Z, et al. Cardiac biomarkers of heart failure in chronic kidney disease. *Clin Chim Acta*. 2020;510:298-310. doi:[10.1016/j.cca.2020.07.040](https://doi.org/10.1016/j.cca.2020.07.040)
8. Gaggin HK, Januzzi JL Jr. Biomarkers and diagnostics in heart failure. *Biochim Biophys Acta*. 2013;1832(12):2442-2450. doi:[10.1016/j.bbadis.2012.12.014](https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2012.12.014)
9. Sharma S, Drezner JA, Baggish A, et al. International Recommendations for Electrocardiographic Interpretation in Athletes. *J Am Coll Cardiol*. 2017;69(8):1057-1075. doi:[10.1016/j.jacc.2017.01.015](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.01.015)

Juan Alberto Viteri-Rodríguez; Ricardo Fabián Siza-Gualpa

10. Dasgupta S, Iannucci G, Mao C, Clabby M, Oster ME. Myocarditis in the pediatric population: A review. *Congenit Heart Dis.* 2019;14(5):868-877. doi:[10.1111/chd.12835](https://doi.org/10.1111/chd.12835)
11. Yokokawa M, Jung DY, Hero AO III, Baser K, Morady F, Bogun F. Single- and dual-site pace mapping of idiopathic septal intramural ventricular arrhythmias. *Heart Rhythm.* 2016;13(1):72-77. doi:[10.1016/j.hrthm.2015.08.032](https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2015.08.032)
12. Skejø SD, Lund ME, Stensvig M, Kaae NM, Rasmussen J. Running in circles: Describing running kinematics using Fourier series. *J Biomech.* 2021;115:110187. doi:[10.1016/j.jbiomech.2020.110187](https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2020.110187)
13. Gurbeta L, Badnjevic A, Maksimovic M, Omanovic-Miklicanin E, Sejdic E. A telehealth system for automated diagnosis of asthma and chronic obstructive pulmonary disease. *J Am Med Inform Assoc.* 2018;25(9):1213-1217. doi:[10.1093/jamia/ocy055](https://doi.org/10.1093/jamia/ocy055)
14. Aguiar C, Batista S, Pacheco R. Cardiovascular effects of fingolimod: Relevance, detection and approach. *Rev Port Cardiol.* 2015;34(4):279-285. doi:[10.1016/j.repc.2014.11.012](https://doi.org/10.1016/j.repc.2014.11.012)
15. Cabrera-Rego JO, Rojas-Quiroz AF, Vidal-Turruelles Y, Yanes-Quintana AA. Cardiovascular disorders in hospitalized patients with dengue infection. Manifestaciones cardiovasculares en pacientes hospitalizados con dengue. *Enferm Infecc Microbiol Clin (Engl Ed).* 2021;39(3):115-118. doi:[10.1016/j.eimc.2020.02.032](https://doi.org/10.1016/j.eimc.2020.02.032)