

DOI: 10.26445/04.01.4

ARTICULO ORIGINAL

## Comparación de cuatro fórmulas para ajustar el intervalo QT a la frecuencia cardiaca en pacientes cardiopatas

Comparison of four formulas to adjust the QT interval to the heart rate in a cardiac patient

Comparaçãõ de quatro fórmulas para ajustar o intervalo QT à freqüência cardíaca em pacientes com doença cardíaca

**Anderson N. Soriano-Moreno.**

ORCID: 0000-0002-5535-811X

Estudiante de medicina en la Escuela de Medicina Universidad Peruana Unión. Lima. Perú.

**Freddy Flores-Malpartida.**

ORCID: 0000-0003-2517-2549

Médico Cardiólogo. Hospital de Emergencias Grau. Lima. Perú.

**Resumen: Introducción:** La prolongación del intervalo QT en el electrocardiograma es un conocido factor de riesgo para desarrollar eventos cardiovasculares. En Latinoamérica existe poca evidencia acerca de la epidemiología de este tipo de alteraciones electrocardiográficas. El objetivo de este estudio fue evaluar la prevalencia del intervalo QT corregido largo según cuatro fórmulas. **Metodología:** Estudio descriptivo retrospectivo. Se realizó una revisión de 156 registros electrocardiográficos de 12 derivaciones realizados a pacientes mayores a 40 años. Las medidas se realizaron manualmente y posteriormente los valores se ajustaron a la frecuencia cardiaca mediante cuatro fórmulas validadas existentes. Se consideró intervalo QT largo cuando la duración sobrepasaba los 470 ms. **Resultados:** De los 156 registros analizados, 55.7% de los registros pertenecieron a pacientes de sexo femenino y la edad media fue  $70.3 \pm 9.7$  años. 9.6% de los registros fueron considerados como largos mediante la fórmula de Bazzet, 4.4% mediante la fórmula de Hodges, 3.8% mediante la fórmula de Fridericia y 3.2% mediante la fórmula de Framingham. La fórmula de Fridericia fue hallada como la más consistente para ajustar el intervalo QT a la frecuencia cardiaca. **Conclusión:** Dependiendo de la fórmula utilizada la prevalencia del intervalo QT largo varió significativamente. La fórmula de Fridericia fue la que demostró mejor consistencia.

**Palabras clave:** Intervalo QT largo; Electrocardiografía; Arritmias.

**Abstract: Introduction:** The prolongation of the QT interval in the electrocardiogram is a well-known risk factor for developing cardiovascular events. In Latin America there is no much evidence about the epidemiology of electrocardiographic alterations. The objective of this study was to evaluate the prevalence of long corrected QT interval according to four formulas. **Methodology:** Retrospective descriptive study. A total of 156 electrocardiographic records of 12 referrals made to patients older than 40 years were review. The measurements were made manually and later the values were adjusted to the heart rate by means of four existing validated formulas. The long QT interval was considered when the duration exceeded 470ms. **Results:** Of the 156 records analyzed, 55.7% of the records belonged to female patients and the mean age was  $70.3 \pm 9.7$  years. 9.6% of the records were considered long using the Bazzet formula, 4.4% according to the Hodges formula, 3.8% according to the Fridericia formula and 3.2% according to the Framingham formula. The formula of Fridericia was found to be the most consistent to adjust the QT interval to the heart rate. **Conclusion:** Depending on the formula used, the prevalence of the long QT interval varied significantly. The formula of Fridericia was the one that showed the best consistency.

**Keywords:** Long QT interval; Electrocardiograph; Arrhythmias

**Resumo: Introdução:** O prolongamento do intervalo QT no eletrocardiograma é um fator de risco conhecido para o desenvolvimento de eventos cardiovasculares. Na América Latina, há poucas evidências sobre a epidemiologia desse tipo de alteração eletrocardiográfica. O objetivo deste estudo foi avaliar a prevalência do intervalo QT longo corrigido de acordo com quatro fórmulas. **Metodologia:** Estudo descritivo retrospectivo. Uma revisão de 156 registros eletrocardiográficos de 12 derivações realizadas em pacientes com mais de 40 anos foi realizada. As medidas foram feitas manualmente e posteriormente os valores foram ajustados à frequência cardíaca por meio de quatro fórmulas validadas existentes. O intervalo QT longo foi considerado quando a duração ultrapassou 470 ms. **Resultados:** Dos 156 prontuários analisados, 55,7% dos prontuários pertenciam a pacientes do sexo feminino e a média de idade foi de  $70,3 \pm 9,7$  anos. 9,6% dos registros foram considerados longos usando a fórmula de Bazett, 4,4% usando a fórmula de Hodges, 3,8% usando a fórmula de Fridericia e 3,2% usando a fórmula de Fraingham. A fórmula de Fridericia foi considerada a mais consistente para ajustar o intervalo QT à frequência cardíaca. **Conclusão:** Dependendo da fórmula utilizada, a prevalência do intervalo QT longo variou significativamente. A fórmula da Fridericia foi a que apresentou a melhor consistência.

---

**Palavras chave:** Intervalo QT longo; Eletrocardiografia; Arritmias

**Recibido:** 25/10/2018 - **Aceptado:** 23/02/2019 Hospital de Emergencias Grau. Lima, Perú.  
Correspondencia: **E-mail:** andersonsoriano@upeu.edu.pe

## Introducción

La interpretación del electrocardiograma en una persona incluye el análisis de ondas, segmentos, intervalos, ángulos y otros en forma cuantitativa a fin de determinar alguna alteración y lograr con ello prevenir consecuencias incluso fatales. Dentro de este análisis, se encuentra la determinación del intervalo QT.

La prolongación del intervalo QT en el electrocardiograma (ECG) de 12 derivaciones es un conocido factor de riesgo para la aparición de arritmias ventriculares tanto en jóvenes como en adultos<sup>(1)</sup>. La prevalencia estimada de esta alteración ondula entre el 8.3 y 25.8% a nivel mundial, siendo el QT prolongado ( $\geq 440$  milisegundos) la alteración más frecuentemente encontrada en los distintos estudios de cohorte<sup>(2-5)</sup>.

Fisiológicamente, el intervalo QT es la manifestación electrocardiográfica de la despolarización y repolarización ventricular que es producida por el flujo de iones a través de los canales presentes en las membranas de los miocardiocitos<sup>(6)</sup>. La alteración de estos canales puede ser por causas congénitas y adquiridas. Respecto a las causas congénitas, la etiología se debe principalmente a mutaciones en genes que codifican subunidades o proteínas de los canales iónicos involucrados en la modulación de las corrientes iónicas causando la prolongación del potencial de acción. La variante más prevalente es causada por mutaciones en el gen *KCNQ1*<sup>(6)</sup>. Dentro de las causas adquiridas de su alteración, se encuentran las de causa farmacológica principalmente y también algunos factores de riesgo cardiovascular que con el tiempo generan un trastorno en el sistema eléctrico cardíaco<sup>(7)</sup>.

En Latinoamérica, se desconoce la magnitud de las alteraciones electrocardiográficas en especial la del intervalo QT debido a la baja cantidad de estudios y el pobre enfoque de detección de sus alteraciones. Este estudio tuvo el objetivo de determinar la prevalencia del intervalo QT prolongado mediante cuatro distintas fórmulas de corrección en electrocardiogramas pertenecientes a pacientes atendidos ambulatoriamente en el servicio de cardiología de un hospital peruano.

## Materiales y métodos

Estudio de tipo observacional descriptivo retrospectivo en el cual se realizó una revisión de historias clínicas y electrocardiogramas de 12 derivaciones pertenecientes a pacientes mayores a 40 años atendidos ambulatoriamente en el servicio de cardiología del Hospital III de Emergencias Grau durante el año 2017. Se excluyeron a los pacientes que presentaron una historia clínica incompleta, un ECG no evaluable por artefactos, a quienes se encontraban en ritmo no sinusal/estimulado o presentaban un bloqueo de rama izquierda.

El cálculo de la muestra necesario se realizó mediante un muestreo aleatorio para estudios descriptivos en la plataforma EpiInfo 7 basada en una población de 24000 pacientes atendidos durante el año 2017 (dato de estadística del hospital) y usando una tasa de exposición del 5.1% que se determinó mediante en un estudio piloto realizado previamente en 39 electrocardiogramas, un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5% que nos resultó en un tamaño muestral de 128 historias clínicas por revisar.

La recolección de datos se realizó durante los meses de enero y febrero del año 2018 posterior a la obtención de la aprobación del jefe del servicio de cardiología para realizar este proyecto. No se necesitó la aprobación por un comité de ética debido a que solo se llevó a cabo una revisión de historias clínicas del laboratorio de electrocardiografía del servicio.

El intervalo QT, definido como el intervalo que abarca desde el inicio del complejo QRS y el final de la onda T, fue medido de forma manual en la derivación D2<sup>(4,8)</sup>. Para una correcta evaluación, este valor obtenido fue ajustado a la frecuencia cardíaca utilizando las fórmulas de Bazzet, Fridericia, Hodges y Framingham obteniéndose el intervalo QT corregido (QTc).

A continuación se especifica el cálculo realizado en cada una de las fórmulas:

- 1) Bazett<sup>(9)</sup>:  $QTc = QT/RR^{1/2}$
- 2) Fridericia<sup>(10)</sup>:  $QTc = QT/RR^{1/3}$
- 3) Framingham<sup>(11)</sup>:  $QTc = QT + 0.154 (1/RR)$
- 4) Hodges<sup>(12)</sup>:  $QTc = QT + 0.00175 ([60/RR]/60)$

Se definió intervalo QTc normal cuando la duración se encontró entre los 340 y 439 milisegundos, QTc prolongado si la duración estuvo entre 440 - 460 milisegundos y QTc largo si

la duración fue mayor a 470 milisegundos siguiendo las recomendaciones de la última guía de arritmias ventriculares de la Sociedad Europea de Cardiología(1).

Por otro lado, los datos sociodemográficos y clínicos fueron determinados a partir de la revisión de la historia clínica. Todos los datos fueron capturados utilizando formularios electrónicos de la plataforma Open Data Collect para smartphones.

Los datos de las historias clínicas recolectados en la plataforma electrónica fueron trasladados al programa de análisis estadístico R Project for Statistical Computing 3.5.1 en donde se realizó inicialmente un análisis descriptivo para presentar las características de los pacientes mediante frecuencias y porcentajes. Las variables cualitativas se describieron en proporciones y las cuantitativas se expresaron en su media y desviación estándar en caso de ser normal (determinada normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk  $< 0,05$ ).

## Resultados

Del total de registros analizados, 156 cumplieron con tener registro electrocardiográfico legible, encontrarse ritmo sinusal y no presentar un bloqueo de rama izquierda. El 55.7% (87) pertenecieron a pacientes de sexo femenino y la edad media fue de  $70.3 \pm 9.6$  años. La hipertensión arterial fue el antecedente más frecuentemente encontrado (69,8%), seguido de la diabetes mellitus (38.4%), hipercolesterolemia (37.8%) e infarto de miocardio (32.6%).

Respecto a la prevalencia del intervalo QT largo, se encontró que esta fue del 2.5% (4) sin ajustar a la frecuencia cardiaca, 9.6% (15) ajustando mediante la fórmula de Bazzet, 4.4% (7) según la fórmula de Hodges, 3.8% (6) según la fórmula de Fridericia y 3.2% (5) según la fórmula de Framingham (Tabla 1).

Características	N (%)
Sexo femenino	87 (55.7)
Edad (Media $\pm$ DE) *	$70.3 \pm 9.7$
<b>Comorbilidades</b>	
Hipertensión arterial	109 (69.8)
Diabetes mellitus	60 (38.4)
Hipercolesterolemia	59 (37.8)
Infarto de miocardio	51 (32.6)
Enfermedad tiroidea	18 (11.5)
Ictus previo	9 (5.7)
Enfermedad Renal Crónica	7 (4.4)
Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica	5 (3.2)
<b>Prevalencia del QTc prolongado</b>	
Bazzet	15 (9.6)
Hodges	7 (4.4)
Fridericia	6 (3.8)
Framingham	5 (3.2)
Prevalencia del QT prolongado	4 (2.5)

\*DE = Desviación estándar

En cuanto a las medidas electrocardiográficas, la media de duración del intervalo RR fue de  $844 \pm 168$ ms y del intervalo QT de  $374 \pm 41$ ms, sin diferencias entre sexos. Por otro lado, la media del intervalo QTc fue de  $411 \pm 41$ ms mediante la fórmula de Bazzet,  $398 \pm 37$ ms mediante la fórmula de Fridericia,  $398 \pm 36$ ms mediante la fórmula de Framingham y  $398 \pm 35.3$ ms mediante la fórmula de Hodges. (Tabla 2).

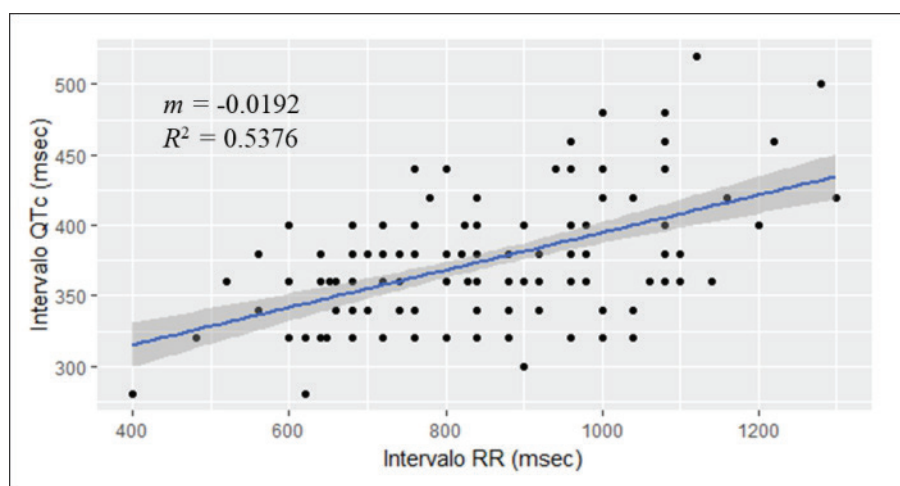
**Tabla 1:** Características sociodemográficas y clínicas de los pacientes (N=156)

Medidas	Todos los pacientes	Masculino (N = 69)	Femenino (N = 87)	p*
Intervalo RR (ms)	844 ± 168	822 ± 166	871 ± 168	0.074
Intervalo QT (ms)	374 ± 42	370 ± 41	379 ± 41	0.192
Intervalo QTc (ms)				
Bazzet	411 ± 42	411 ± 37	410 ± 47	0.903
Fridericia	398 ± 37	396 ± 34	399 ± 40	0.673
Framingham	398 ± 36	397 ± 32	398 ± 39	0.821
Hodges	398 ± 35	398 ± 32	400 ± 40	0.746

**Tabla 2:** Medidas del complejo QRS, el intervalo RR y el intervalo QT por las fórmulas de Bazzet, Fridericia, Framingham y Hodges entre ambos sexos (N = 156).

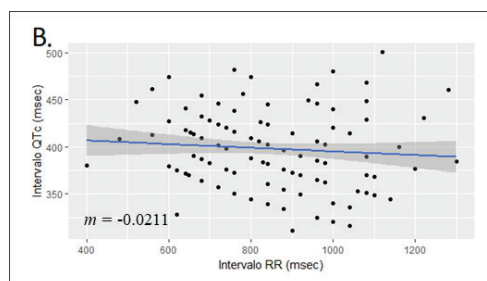
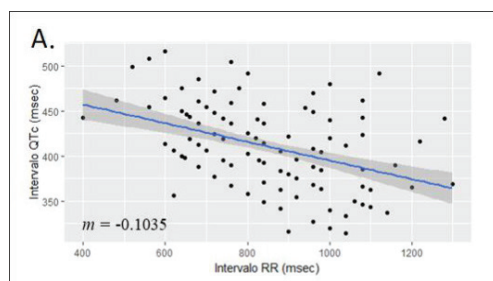
\*Determinado mediante la prueba de t de Student.

Al graficar la correlación entre el intervalo QT no corregido e intervalo RR en la Figura 1, se pudo observar una relación directamente proporcional ( $r = 0.5376$  (Spearman),  $p < 0.001$ ) indicándonos que a mayor frecuencia cardiaca el intervalo QT sufre un acortamiento tal como es conocido.

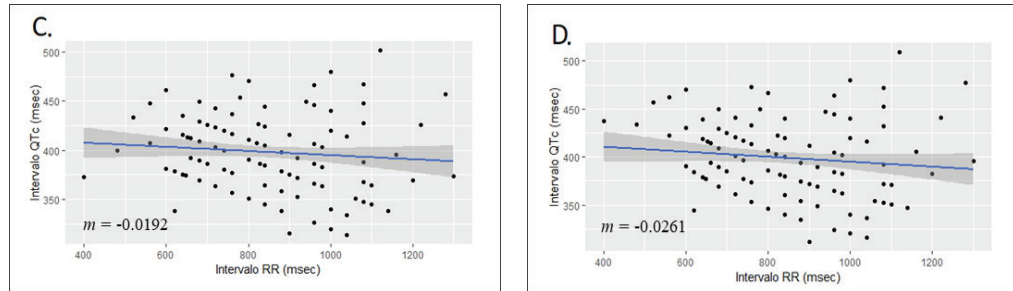


**Figura 1:** Diagrama de dispersión entre el intervalo QT no corregido e intervalo RR.

Por otro lado, al graficar la dispersión entre el intervalo QT corregido mediante las cuatro fórmulas (Bazzet, Fridericia, Hodges y Framingham) y el intervalo RR, se observó que el efecto de la frecuencia sobre la duración del intervalo QTc disminuyó. La fórmula de Fridericia fue la que resultó en una línea de regresión con la pendiente más cercana a cero ( $-0.01928$ ), indicando que es esta la fórmula con mejor consistencia independientemente de la frecuencia cardiaca. Las pendientes que resultaron con las otras fórmulas fueron de  $-0.1035$  en el caso de Bazzet,  $-0.0261$  en el caso de Hodges y  $-0.0211$  en el caso de Framingham. (Figura 2)



**Figura 2:** Diagrama de dispersión entre el intervalo QT corregido e intervalo RR de todos los participantes mediante las fórmulas de: **A.** Bazzet **B.** Framingham **C.** Fridericia **D.** Hodges. Una pendiente ( $m$ ) de la regresión lineal cercana a cero indica una mejor corrección del intervalo QT a la frecuencia cardiaca.



## Discusión

En este estudio realizado en una muestra de pacientes cardiológicos mayores a 40 años determinamos distintas prevalencias de QTc prolongado dependiendo de la fórmula utilizada para el ajustamiento a la frecuencia cardiaca: Bazzet, Fridericia, Framingham y Bazzet.

La prevalencia más alta se encontró con la fórmula de Bazzet (9.6%), siendo esta más del doble de lo obtenido con las otras tres fórmulas (3.2% – 4.4%). Independientemente de la fórmula utilizada, la prevalencia encontrada en esta población fue mayor a la encontrada en otro estudio recientemente publicado del registro OFRECE realizado en España, en donde solo fue del 1% a pesar de también haber sido realizado en pacientes con enfermedad coronaria y mayores de 40 años <sup>(4)</sup>.

La alta prevalencia determinada en nuestro estudio se puede deber a las características propias de la muestra estudiada en la que se encontró que una gran proporción de pacientes tuvo comorbilidades cardiovasculares como hipertensión, diabetes mellitus e hipercolesterolemia.

Además, un tercio de los pacientes tenían antecedentes de infarto de miocardio. Existe evidencia que el intervalo QTc varía de acuerdo al perfil clínico del paciente; tanto la diabetes como otros factores de riesgo y antecedentes cardiovasculares están asociados a su prolongación y esta a su vez con un mayor riesgo de distintas complicaciones cardiovasculares como falla cardiaca aguda, muerte cardiovascular e ictus tal como se demostró en un análisis del registro MESA publicado el año 2014. Por cada 10 ms incrementados en el QTc el riesgo de falla cardiaca, muerte cardiovascular e ictus aumentaba <sup>(13)</sup>. Otro estudio realizado en Japón también determinó que el riesgo de muerte cardiovascular e ictus aumentaba a la vez que la duración del intervalo QT con una relación directamente proporcional <sup>(3)</sup>.

Otro hallazgo importante fue la gran variabilidad de prevalencias halladas de QT largo según el tipo de fórmula de ajuste utilizada. Existe aún controversia de cuál es la mejor fórmula para corregir el intervalo QT, sin embargo, pudimos observar con la fórmula de Bazzet una prevalencia sumamente elevada a comparación de las otras 3 fórmulas (Fridericia, Framingham y Hodges). Se ha descrito previamente que la fórmula de Bazzet tiende a sobrestimar la prevalencia de QTc largo debido a su modelo lineal <sup>(14)</sup>. De acuerdo al análisis de los diagramas de dispersión y regresión lineal de los datos, se pudo observar que con la fórmula de Fridericia se obtuvo una regresión lineal con menor pendiente demostrando que esta fórmula es la más consistente en comparación de las otras tres para determinar la medida del intervalo QT independientemente de la frecuencia cardiaca en nuestra muestra. Este hallazgo es concordante con el estudio realizado por Vandenberg y col. en donde se concluyó que las fórmulas de Fridericia y Framingham son las más consistentes <sup>(15)</sup>.

La principal limitación de este estudio radica en el hecho de estudiar una población limitada al ámbito cardiológico. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que estos son los pacientes principalmente afectados y con mayor riesgo de desarrollar complicaciones. Por otro lado, la principal fortaleza este estudio es el primero en realizarse en nuestro país que explore un ámbito como la electrocardiografía. Además, se realizó un muestreo adecuado según la población atendida por datos de estadística del hospital.

En conclusión, podemos decir que la prevalencia del intervalo QTc largo en pacientes mayores de 40 años atendidos en un hospital peruano fue del 3.8% determinado mediante la fórmula de Fridericia siendo esta mayor a otros estudios reportados. Así mismo, la fórmula de Fridericia fue la que mostró mayor consistencia al ajustar las medidas a la frecuencia cardiaca por lo que se recomienda utilizarla en nuestro medio. Estudios adicionales de mayor magnitud son necesarios para extrapolar estos hallazgos a nivel nacional.

## Agradecimientos

Agradecer al Dr. Carlos Quiroz, médico cardiólogo, quien nos apoyó en la revisión del trabajo.

## Conflicto de interés

Los autores declaramos no poseer conflictos de interés alguno.

## Bibliografía

- 1- The Task Force for the Management of Patients with Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death of the European Society of Cardiology (ESC). 2015 ESC Guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death *Eur Heart J* 2015; 36(41):2793–867.
- 2- Orellana A M et al. Prevalencia del Intervalo QT Prolongado en diferentes patrones electrocardiográficos: Estudio por Teleelectrocardiografía. *Rev ChilCardiol* 2009; 28(4).
- 3- Ishikawa J et al. Relationships between the QTc interval and cardiovascular, stroke, or sudden cardiac mortality in the general Japanese population. *J Cardiol* 2015; 65(3):237–42.
- 4- Awamleh García Pet al. Prevalencia de patrones electrocardiográficos asociados a muerte súbita en la población española de 40 años o más. Resultados del estudio OFRECE. *Revista Española de Cardiología* 2017; 70(10):801–7.
- 5- Veglio M et al. Prevalence of increased QT interval duration and dispersion in type 2 diabetic patients and its relationship with coronary heart disease: A population-based cohort. *Journal of Internal Medicine* 2002; 251(4):317–24.
- 6- Al-Khatib SM et al. What clinicians should know about the QT interval. *JAMA* 2003; 289(16):2120–7.
- 7- Isbister GK, Page CB. Drug induced QT prolongation: The measurement and assessment of the QT interval in clinical practice. *Br J Clin Pharm* 2013; 76(1):48–57.
- 8- Rautaharju PM et al. AHA/ACCF/HRS recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram: Part IV: the ST segment, T and U waves, and the QT interval: a scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53(11):982–91.
- 9- Bazett HC. An analysis of the time-relations of electrocardiograms. *Annals of noninvasive electrocardiology* 1997; 2(2):177–94.
- 10- Fridericia LS. The Duration of Systole in an Electrocardiogram in Normal Humans and in Patients with Heart Disease. *Annals of Noninvasive Electrocardiology* 2003; 8(4):343–51.
- 11- Sagie A, Larson MG, Goldberg RJ, Bengtson JR, Levy D. An improved method for adjusting the QT interval for heart rate (the Framingham Heart Study). *Am J Cardiol* 1992; 70(7):797–801.
- 12- Hodges M, Salerno D, Erlinen D. Bazett's QT correction reviewed: evidence that a linear QT correction for heart rate is better. *J Am Coll Cardiol* 1983; (1):694.
- 13- Molnar J et al. Diurnal pattern of QTc interval: How long is prolonged? *J Am Coll Cardiol* 1996; 27(1):76–83.
- 14- Márquez MF et al. El síndrome de QT largo: una breve revisión del diagnóstico electrocardiográfico incluyendo la prueba de Viskin. *Arch Cardiol Mex* 2012; 82(3):243–7
- 15- Vandenberg et al. Which QT Correction Formulae to Use for QT Monitoring? *J Am Heart Association*, 2016; 5(6).

## Aporte cada autor al trabajo

**Anderson Soriano:** 70%

Diseño del estudio, recolección y análisis de datos. Redacción y aprobación final del manuscrito.

**Freddie Flores:** 30%

Diseño de estudio. Redacción y aprobación final del manuscrito.