

## VARIABILIDAD CARDÍACA Y EJERCICIO EN ADULTOS CON SÍNDROME DE COAGULABILIDAD: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

*Cardiac variability and exercise in adults with coagulability syndrome: a systematic review*

*Variabilidade cardíaca e exercício em adultos com síndrome de coagulabilidade: uma revisão sistemática*

### Resumen

El análisis de la variabilidad del ritmo cardíaco es una técnica no invasiva, que permite el diagnóstico de cardiopatías y neuropatías, además de ser un parámetro contra el cual se puede referenciar la prescripción del ejercicio. Las respuestas cardiovasculares al ejercicio son directamente proporcionales a la intensidad de este; es decir, la frecuencia cardíaca se incrementa a medida que el músculo requiere más oxígeno. Algunos métodos de análisis de la variabilidad del ritmo cardíaco son el estadístico, el espectral, el de osciladores no lineales, entre otros. Este informe de investigación pretende presentar los resultados de la búsqueda de información con respecto al análisis de la variabilidad cardíaca y el ejercicio en adultos y especialmente en pacientes con síndrome de coagulabilidad. Se realizó una búsqueda para un período comprendido entre el 1 de enero de 1990 hasta el 30 de agosto de 2013 con la ayuda de diferentes bases de datos electrónicas y motores de búsqueda (Scirus, PubMed, Embase, Proquest, Redalyc, Highwire Press y Google académico) donde se encontraron 127.449 estudios, de los cuales se seleccionaron 9 artículos, que eran los más pertinentes para elaborar esta revisión.

**Palabras-clave:** ejercicio, síndrome de coagulabilidad, variabilidad cardíaca.

### Abstract

The analysis of heart rate variability is a non-invasive technique that allows the diagnosis of heart disease and neuropathy, in addition to being a parameter against which exercise prescription can be referenced. Cardiovascular responses to exercise are

■ Javier Porras Álvarez  
Fernando Javier Ávila Correa  
Luz Adriana Ortiz Sanabria

#### ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Recepción: 16/10/2016  
Aceptación: 12/02/2018

#### PALABRAS CLAVE:

ejercicio, síndrome de coagulabilidad, variabilidad cardíaca.

#### KEYWORDS:

exercise, coagulability syndrome, cardiac variability.

#### PALAVRAS-CHAVE:

exercício, síndrome de coagulabilidade, variabilidade cardíaca.

directly proportional to its intensity, that is, the heart rate increases as the muscle requires more oxygen. Some methods for analyzing heart rate variability are statistical, spectral, and non-linear oscillators, among others. This report aims to present the results of the search for information regarding the analysis of cardiac variability and exercise in adults and especially in patients with coagulability syndrome. A search was carried out for a period of time from January 1, 1990 to August 30, 2013 with the help of different electronic databases and search engines (Scirus, PubMed, Embase, Proquest, Redalyc, Highwire Press and Academic Google) where 127,449 studies were found, of which 9 articles were selected that were the most relevant to elaborate this review.

**Keywords:** exercise, coagulability syndrome, cardiac variability.

## Resumo

---

A análise da variabilidade da frequência cardíaca é uma técnica não invasiva que permite o diagnóstico de cardiopatias e neuropatias, além de ser um parâmetro no qual a prescrição de exercícios pode ser referenciada. As respostas cardiovasculares ao exercício são diretamente proporcionais à sua intensidade, ou seja, a frequência cardíaca aumenta à medida que o músculo requer mais oxigênio. Alguns métodos de análise da variabilidade da frequência cardíaca são os osciladores estatísticos, espectrais e não lineares, entre outros. Este relato tem como objetivo apresentar os resultados da busca por informações a respeito da análise da variabilidade cardíaca e exercício em adultos e principalmente em pacientes com síndrome de coagulabilidade. A busca foi realizada por um período de 1 de janeiro de 1990 a 30 de agosto de 2013 com a ajuda de diferentes bancos de dados eletrônicos e motores de busca (Scirus, PubMed, Embase, Proquest, Redalyc, Highwire Press e Academic Google) onde 127.449 estudos foram encontrados, dos quais foram selecionados 9 artigos que foram os mais relevantes para a elaboração desta revisão.

**Palavras-chave:** exercício, síndrome de coagulabilidade, variabilidade cardíaca

## Introducción

---

De acuerdo con De la Cruz y López (2007), “la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) es un indicador del nivel de salud cardiovascular, debido a su estrecha relación con el sistema nervioso autónomo (SNA)”. Además, el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) es un parámetro que actualmente protagoniza el ámbito científico y deportivo, pues esta puede llegar a ser considerada como un indicador del nivel de salud cardiovascular de una persona y, por tanto, un referente para la planeación y la asignación del ejercicio. Para el análisis de la VFC se requiere del registro de los intervalos RR del ritmo cardíaco, correspondientes al trazado electrocardiográfico. Una vez obtenido el registro, se pueden realizar diversos análisis en el dominio del tiempo, los cuales consideran parámetros como la desviación estándar de los intervalos NN (DENN), que corresponde a la desviación estándar de un número determinado de intervalos RR; esto se considera como un indicador de variabilidad global. Una vez obtenida la señal RR, el análisis de la VFC se puede realizar de diversas maneras, lo cual dependerá del tipo de información que se requiere obtener. La forma más sencilla de análisis comprende aquel denominado el *dominio del tiempo* o *análisis temporal*.

Numerosos estudios demuestran que el ejercicio físico realizado de forma sistemática provoca una serie de adaptaciones beneficiosas para el organismo, tanto desde el punto de vista deportivo como del de la salud. La reducción de la frecuencia cardíaca de reposo y de ejercicio submáximo son un ejemplo de esta adaptación. En cuanto al registro electrocardiográfico de los deportistas, es común encontrar en reposo una arritmia sinusal asociada a bradicardia, la cual se puede relacionar con una “relativa hipertonía vagal” (Caru, Mauri, Andreuzzi, Azzollini, & Cupellini, 1987). Al comparar las variables temporales y espectrales entre individuos entrenados y no entrenados, se aprecia que los primeros poseen mejores niveles de frecuencia cardíaca (Aubert, Beckers, & Ramaekers, 2001; Aubert, *et al.*, 2003).

La variabilidad de la frecuencia cardíaca ha sido implicada en una serie de patologías, las cuales generalmente se manifiestan con un incremento en el dominio simpático asociado a alteraciones en los componentes espectrales (Novak, 1997; Singh 2000) y en los componentes no lineales del estudio de la señal RR (Stein, 2008). El organismo está expuesto constantemente a diferentes estímulos y en su afán por mantener un equilibrio interno aparente emite información que puede ser recogida por una señal biológica como los intervalos RR. El análisis de estos ha arrojado valiosa información acerca del comportamiento fisiológico frente a diferentes estresores, ya sean agudos o crónicos, los cuales presentan implicaciones tanto en el ámbito de la salud como en el deportivo. Este informe pretende presentar los resultados de la búsqueda de información con respecto al análisis de la variabilidad cardíaca y el ejercicio en adultos y especialmente en pacientes con síndrome de coagulabilidad, en una búsqueda para un período comprendido entre el 1 de enero de 1990 y el 30 de agosto de 2013, con la ayuda de diferentes bases de datos electrónicas y motores de búsqueda.

## Método

Las búsquedas de información fueron realizadas en cinco bases de datos y dos motores de búsqueda, para el período comprendido entre los años 1990 y 2015 y utilizando los descriptores y operadores que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Descriptores de la búsqueda

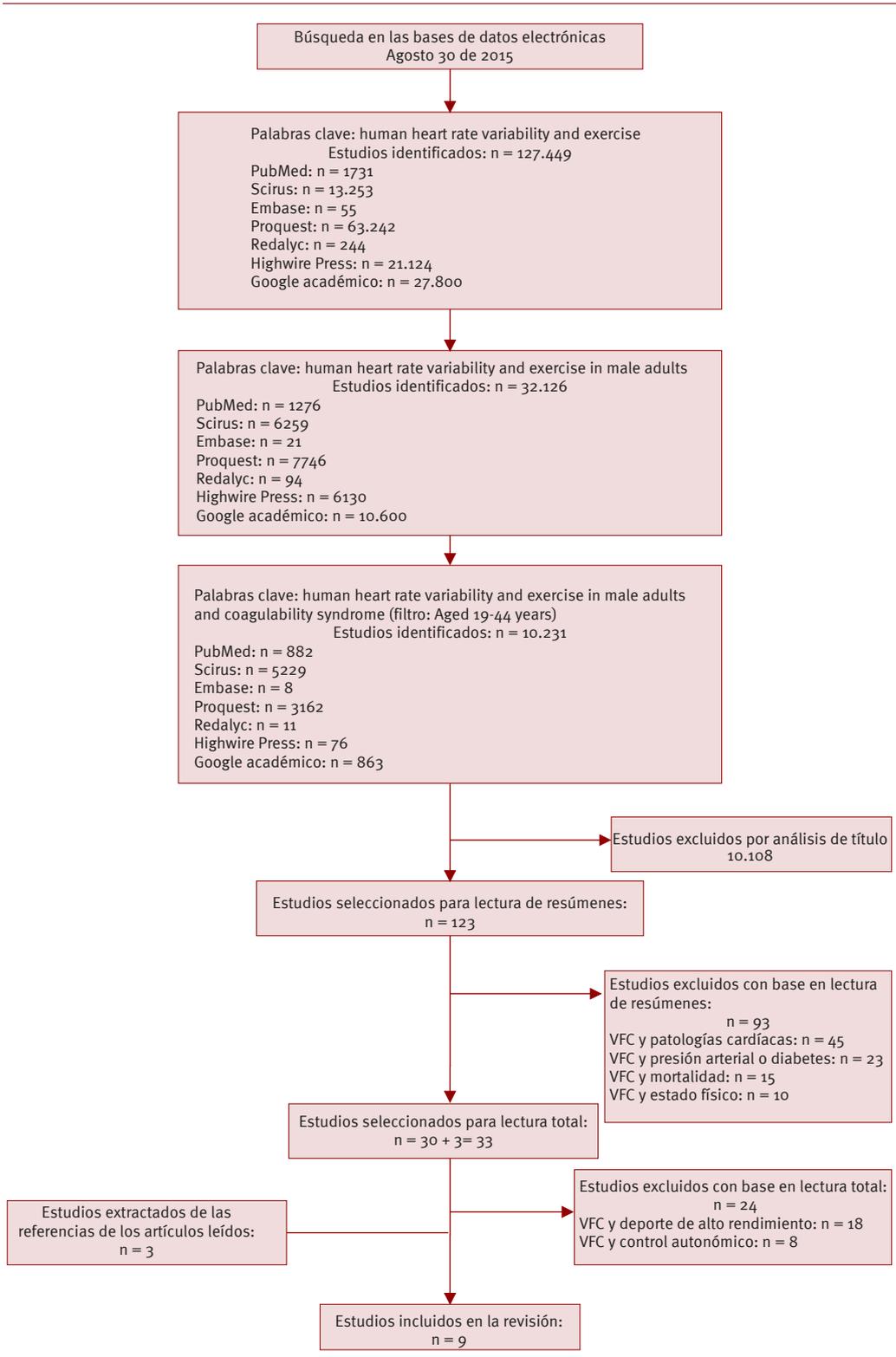
Base de datos	Descriptores	Operadores
PubMed Embase Proquest Scirus Highwire Press Google académico	<ol style="list-style-type: none"> <li>Instrumento: cuantificación, evaluación, prueba, métodos (<i>quantification, evaluation, test, methods</i>)</li> <li>Medida psicométrica: variabilidad cardíaca (<i>heart rate variability</i>)Ejercicio (<i>exercise</i>)</li> <li>Grupo poblacional: adultos, 19-44 años (<i>adults</i>)</li> </ol>	AND, OR, NOT

Fuente: Autoría propia

Como se aprecia en la tabla 1, se utilizaron palabras clave para las búsquedas tales como: variabilidad cardíaca; ejercicio; síndrome de coagulabilidad en adultos. Los resultados del proceso de búsqueda inicialmente fueron 127.449, pero se establecieron algunos criterios de inclusión: a. Ser estudios análisis de variabilidad cardíaca y ejercicio en humanos adultos hombres; b. Trabajar con adultos de 19 a 44 años; y c. Estudios desde 1990 hasta el 30 de agosto de 2015. La aplicación de estos criterios y la lectura detallada de los diferentes documentos dieron lugar a 9 estudios, que fueron tomados como base para la presente revisión bibliográfica.

En la gráfica 1 se muestra el proceso de revisión realizado.

**Gráfica 1. Proceso de revisión realizado**



Fuente: Autoría propia

Los artículos leídos y descartados, corresponden a pacientes en algún tipo de patología específica (insuficiencia cardíaca, arritmias y taquicardias, bradicardias, entre otros). En otros casos, las edades de la población analizada en los estudios no coincidían con los criterios de búsqueda o se trabajaba con deportistas de alto rendimiento. Solo se encontró un estudio de análisis de la variabilidad cardíaca con ejercicio en pacientes con síndrome de coagulabilidad.

## Resultados

Los 9 estudios seleccionados luego de la revisión tratan básicamente cinco aspectos. Se revisaron estudios relacionados con el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca antes y después del ejercicio en pacientes sanos, el mejoramiento en los niveles de la frecuencia cardíaca en pacientes con lesiones cardíacas luego de programas de ejercicio, los efectos del ejercicio sobre la variabilidad cardíaca, la comparación de la variabilidad cardíaca en pacientes sanos vs. pacientes con patologías, la variabilidad cardíaca y el ejercicio en condiciones psicológicas múltiples y los efectos inflamatorios, coagulatorios y autonómicos del ejercicio a partir del análisis de la variabilidad cardíaca.

Los resultados en la mayoría de los estudios muestran que el análisis de la variabilidad cardíaca es un parámetro clave en la formulación y diseño de los planes de ejercicio adaptados a las necesidades de la población tratada. Varios estudios han demostrado los beneficios del ejercicio en pacientes con insuficiencia cardíaca congestiva (ICC), incluida la reducción del tono simpático y el aumento del tono parasimpático, el resultado de la reducción de los niveles de epinefrina y norepinefrina, tanto en reposo como durante el ejercicio, incluso a niveles submáximos. Luego de la revisión realizada, se debe enfatizar en la importancia de estar evaluando y analizando la variabilidad cardíaca en relación con el ejercicio, ya que esto permite detectar deficiencias y dificultades que pueden ser corregidas con intervenciones y programas de ejercicio apropiados a fin de mejorar las condiciones de salud y el rendimiento físico tanto en sujetos sanos como en pacientes con patologías específicas.

Referencia	Tipo de estudio	Instrumento	Objetivo	Muestra	Resultados
Amaral <i>et al.</i> (2013). Heart rate variability: Analysis of time-domain indices before and after an exercise program. <i>Revista Portuguesa de Cardiología</i> , 32(3), 219-227	Cuantitativo: cuasiexperimental	Monitorización Holter	Seleccionar los pacientes con miocardiopatía chagásica crónica (CCC) y evaluar la función autonómica después de la rehabilitación. Analizar los niveles diurnos de DENN y el aumento de los niveles diurnos y nocturnos de pNN50 y rMSSD.	18 adultos	No hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) en DENN, pNN50 y rMSSD, probablemente debido a la gran desviación estándar observada, la mala adherencia de los pacientes al programa y su estatus socioeconómico bajo, lo que resulta en una muestra pequeña, además de la corta duración del programa. Conclusión: los parámetros de la variabilidad del ritmo cardíaco en pacientes con CCC no experimentaron cambios estadísticamente significativos después de un programa de rehabilitación de seis meses.
Bartels <i>et al.</i> (2003). High-frequency modulation of heart rate variability during exercise in patients with COPD. <i>Canadian Journal of Physiology and Pharmacology</i> , 82(7), 457-464	Cuantitativo comparativo	Electrocardiograma de superficie (ECG)	Examinar la teoría presentada por Niemela <i>et al.</i> (1992) de que la disminución de la variabilidad de la frecuencia cardíaca después de la cirugía de injerto de derivación de la arteria coronaria es irreversible. Utilizar un programa de ejercicio moderado en pacientes de injerto de derivación de la arteria coronaria.	16 adultos hombres	Las medidas de modulación cardíaca mejoran entre 6 y 12 semanas postoperatorio, y los efectos del ejercicio en la VFC y la sensibilidad SBR son similares a los encontrados en una población sana, aunque los valores absolutos son sustancialmente más bajos en el grupo de cirugía de bypass coronario. El ejercicio de baja intensidad es apropiado para la recuperación de pacientes de cirugía.
Reland <i>et al.</i> (2003). Exercise heart rate variability in relation to level physical activity. <i>The Journals of Gerontology</i> , 58(7), 585-91	Cuantitativo experimental	Electrocardiograma (ECG)	Determinar el efecto del nivel de actividad durante el ejercicio mediante el uso del análisis de la variabilidad de frecuencia cardíaca (VFC).	30 adultos sanos	Los efectos de los niveles de actividad física en la FC y la VFC se disocian. Durante el ejercicio, la evaluación de los índices de VFC parece ser más significativa que en reposo. En efecto, un nivel suficiente de entrenamiento físico induce una mayor sensibilidad de la respuesta del nodo sinusal para ejercer la tensión, que podría desempeñar un papel en impedir los accidentes cardiovasculares en adultos.
Donde <i>et al.</i> (2010). Effects of exercise on systemic inflammatory, coagulatory, and cardiac autonomic parameters in an inhalational exposure study. <i>Journal of Occupational and Environmental Medicine</i> , 54(4), 466-470	Cuantitativo experimental	Medida de los parámetros hemodinámicos, electrocardiográficos, inflamatorias y coagulatorios.	Determinar los efectos inflamatorios, coagulatorios y autonómicos del ejercicio de intensidad moderada intermitente.	25 adultos sanos	El ejercicio de intensidad moderada intermitente indujo una respuesta proinflamatoria sistémica caracterizada por aumentos en los recuentos de leucocitos, proteína C-reactiva, proteína quimiotáctica de monocitos 1 e interleucina 6, pero no cambió la tendencia de coagulación o la variabilidad de frecuencia cardíaca.
Mendonça <i>et al.</i> (2011). Cardiac autonomic function during submaximal treadmill exercise in adults with Down syndrome. <i>Research in Developmental Disabilities</i> , 32(2), 532-539	Cuantitativo comparativo	Electrocardiograma de superficie (ECG)	Determinar si la función autonómica cardíaca de adultos con síndrome de Down es diferente de la de las personas sin discapacidad durante el ejercicio dinámico submáximo.	13 adultos con síndrome de Down y 12 adultos sanos	Los adultos con síndrome de Down demuestran mayor modulación simpática de la variabilidad de la FC en el ~60% de la FC pico. A pesar de esto, el cambio absoluto en la FC de reposo al ejercicio fue atenuada en estas personas en comparación con las personas sin discapacidad. Esto indica que el síndrome de Down puede estar asociado a una pobre capacidad de respuesta cardíaca a los cambios en la modulación autonómica durante el ejercicio a intensidades por debajo del umbral ventilatorio.

Referencia	Tipo de estudio	Instrumento	Objetivo	Muestra	Resultados
Gajek <i>et al.</i> (2003). The influence of physical exercise on heart rate variability. <i>Polski Merkurusz Lekarski</i> , 14(81), 202-204.	Cuantitativo experimental	Monitorización Holter	Evaluar la influencia persistente del aumento de la actividad simpática 30 minutos después del ejercicio físico moderado sobre la variabilidad de frecuencia cardíaca en pacientes con hipertensión arterial.	El estudio se realizó en 19 pacientes (10 mujeres; la media de edad fue de 52,7 ± 9,5 años; y 9 hombres; la media de edad fue de 37,7 ± 8,8 años)	La influencia del ejercicio físico moderado sobre la VFC en pacientes con hipertensión esencial se extiende durante el período de 30 minutos después del ejercicio y es más pronunciada en los mayores puntos. Los estudios sobre la VFC se deben realizar a intervalos de tiempo más largos después del ejercicio.
Nakamura <i>et al.</i> (1990). Spectral analysis of heart rate variability during constant and pseudorandom exercise. <i>The Annals of Physiological Anthropology</i> , 9(2), 185-90	Cuantitativo cuasiexperimental	Análisis espectral de la VFC	Investigar la limitación para la aplicación de un modelo lineal para el sistema de control cardiorrespiratorio.	13 adultos	La variación de ± 10% del umbral anaeróbico individual no afectó a la variación de frecuencia cardíaca como la respuesta de salida, lo que sugiere un dilema inevitable al aplicar un modelo lineal basado en la función de transferencia.
Perini <i>et al.</i> (2003). Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. <i>European Journal of Applied Physiology</i> , 90(3-4), 317-325	Cuantitativo cuasiexperimental	Electrocardiograma de superficie (ECG)	Analizar el efecto del ejercicio bajo condiciones psicológicas específicas en la variabilidad cardíaca.	23 adultos hombres	El aumento de la actividad respiratoria debido al ejercicio sería responsable de HF modulación de recursos humanos a través de un efecto mecánico directo. Los cambios en el poder LF observados en intensidad media-alta pueden ser la expresión de las modificaciones en los mecanismos de control de la presión arterial que ocurren con el ejercicio.
López (2009). <i>Análisis espectral temporal de la variabilidad del ritmo cardíaco y su relación con el umbral ventilatorio en un ejercicio incremental maximal</i> [Tesis]. Universidad de Córdoba	Cuantitativo correlacional	Electrocardiograma de superficie (ECG)	Valorar la relación entre los porcentajes de las frecuencias cardíacas de reserva donde ocurren los umbrales ventilatorios y el de la variabilidad del frecuencia cardíaca en sujetos deportistas y no deportistas.	24 adultos (12 deportistas y 12 no deportistas)	Existe una relación directa significativa entre los porcentajes de la frecuencia cardíaca donde acontecieron los umbrales ventilatorios y la VFC en los sujetos evaluados.

CCC: miocardiopatía chagásica crónica; DENN: desviación estándar de los intervalos NN; SBR: sensibilidad barorrefleja; VFC: variación de la frecuencia cardíaca.

Fuente: Autoría propia

## Conclusiones

Los estudios de análisis de la variabilidad cardíaca y el ejercicio permiten adecuadamente las condiciones, avances y logros de los sujetos en materia de salud y ejercicio y, por ende, atender a las correcciones o intervenciones necesarias.

La revisión documental realizada muestra la necesidad colombiana de procesos investigativos que puedan validar resultados para rangos de población más amplios a fin de contribuir con la mejora de las condiciones de salud a partir de la práctica recurrente del ejercicio.

Los estudios de análisis de la variabilidad cardíaca y el ejercicio deben ser el paso base, no solo para el diseño de estrategias de intervención referentes a programas de ejercicio en grupos que presentan dificultades, sino para el mejoramiento de las condiciones de salud y el rendimiento físico tanto en sujetos sanos como en pacientes con patologías específicas.

## Referencias

- Amaral, M., Santos, C., Rega de Oliveira, J., Rosa de Oliveira, C., Hargreave, P., Cunha, D., Cunha, D., Kopiler, D., Rangel, B. & Batista, A. (2013). Heart rate variability: Analysis of time-domain indices before and after an exercise program. *Revista Portuguesa de Cardiología*, 32(3), 219-227. <https://bit.ly/3dhWJcy>
- Aubert, A. E., Beckers, F. & Ramaekers, D. (2001). Short-term heart rate variability in young athletes. *Journal of Cardiology*, 37(Suppl 1), 85-88.
- Aubert, A. E., Seps, B. & Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports Medicine*, 33(12), 889-919. <https://bit.ly/3u3pG22>
- Bartels, N., Jelic, S., Ngai, P., Basner, R. DeMeersman, R. (2003). High-frequency modulation of heart rate variability during exercise in patients with COPD. *Chest*, 124(3), 863-869. <https://bit.ly/3u2TNqg>
- de la Cruz, B & López, C. (2007). Análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en reposo y en ejercicio mediante transformada rápida de fourier. Comparación entre sujetos sanos y pacientes cardíacos. *Cardiología*, 24,(121), 364-367.
- Donde, A., Wong, H., Frelinger, J., Power, K., Balmes, J. & Arjomandi, M. (2010). Effects of exercise on systemic inflammatory, coagulatory, and cardiac autonomic parameters in an inhalational exposure study. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 54(4), 466-470. <https://bit.ly/2Zk9XgH>
- Gajek, J., Zyko, D., Negrusz-Kawecka, M. & Halawa, B. (2003). [The influence of physical exercise on heart rate variability]. *Polski Merkurusz Lekarski*, 14(81), 202-204. <https://bit.ly/2NcnYe3>
- López, A. (2009). *Análisis espectro-temporal de la variabilidad del ritmo cardíaco y su relación con el umbral ventilatorio en un ejercicio incremental maximal* [Tesis de doctorado, Universidad de Córdoba]. Universidad de Córdoba. <https://bit.ly/3p064lt>

- Mendonca, G., Pereira, F. & Fernhall, B. (2011). Cardiac autonomic function during submaximal treadmill exercise in adults with Down syndrome. *Research Developmental Disabilities*, 32(2), 532-539. <https://bit.ly/3qsUBT4>
- Nakamura, Y., Tamaki, K. & Kimura, Y. (1990). Spectral analysis of heart rate variability during constant and pseudorandom exercise. *The Annals of Physiological Anthropology*, 9(2), 185-190. <https://bit.ly/3balpBb>
- Perini, R. & Veicsteinas, A. (2003). Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. *European Journal of Applied Physiology*, 90(3-4), 317-325. <https://bit.ly/3b99HH3>
- Reland, S., Ville, N., Wong, S., Gauvrit, H., Kervio, G. & Carré, F. (2003). Exercise heart rate variability in relation to level physical activity. *The Journals of Gerontology*, 58(7), 585-91.
-