

Artículo de revisión

Actividad física como medida de control autonómico en pacientes con síndrome metabólico. Revisión narrativa

Physical activity as a measure of autonomic control in patients with metabolic syndrome. Narrative review

A atividade física como medida de controle autonômico em pacientes com síndrome metabólica. Revisão narrativa

Héctor Fuentes Barria^{1*}  <https://orcid.org/0000-0003-0774-0848>

Catalina González Wong²  <https://orcid.org/0000-0003-0360-8567>

Sebastián Urbano Cerda¹  <https://orcid.org/0000-0003-0508-6985>

Valentina Vera-Aguirre³  <https://orcid.org/0000-0003-3050-5192>

Raúl Aguilera Eguía⁴  <https://orcid.org/0000-0002-4123-4255>

¹Universidad Santo Tomás, Facultad de Salud. Chile.

²Universidad del Desarrollo, Facultad de Ciencias de la Salud. Chile.

³Universidad San Sebastián, Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Ciencias para el Cuidado de la Salud. Chile.

⁴Departamento de Salud Pública. Carrera de Kinesiología. Facultad de Medicina. Universidad Católica de la Santísima Concepción. Chile.

*Autor para la correspondencia: h3ct0r.fuentes.b@gmail.com

Recibido: 24 de diciembre de 2019.

Aprobado: 20 de septiembre de 2020.

RESUMEN

El síndrome metabólico considera a un grupo de trastornos que aumentan el riesgo de padecer enfermedades crónicas no transmisibles. En este sentido, la prevención y tratamiento han centrado a la actividad física como un método eficaz para restaurar la variabilidad del ritmo cardíaco y disminuir los riesgos sobre la salud. Esta revisión se planteó como objetivo describir el comportamiento de la variabilidad del ritmo cardíaco frente a la práctica de actividad física en pacientes con síndrome metabólico. El síndrome metabólico se ha relacionado con un predominio simpático y una retirada parasimpática que presenta un riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles que puede ser restaurada con la práctica regular de actividad física. La actividad física puede restaurar la variabilidad del ritmo cardíaco relacionada al síndrome metabólico, no obstante, se requieren de otros estudios que intenten explicar todas las condiciones a las que responde el balance autonómico.



Palabras clave: Ejercicio; Sistema nervioso autónomo; Frecuencia cardíaca; Síndrome metabólico.

ABSTRACT

Metabolic syndrome considers a group of disorders that increase the risk of suffering from Noncommunicable Chronic Diseases. In this sense, prevention and treatment have focused on physical activity as an effective method to restore heart rate variability and decrease health risks. This review was objective to describe the behavior of heart rate variability compared to the practice of physical activity in patients with metabolic syndrome. The metabolic syndrome has been related to a sympathetic predominance and a parasympathetic withdrawal that presents a risk of Chronic Non-Communicable Diseases that can be restored with the regular practice of physical activity. Physical activity can restore heart rate variability related to metabolic syndrome, however, other studies are required to try to explain all the conditions to which autonomic balance responds.

Keywords: Exercise; Autonomic nervous system; Heart rate; Metabolic syndrome.

RESUMO

A síndrome metabólica é um grupo de perturbações que aumentam o risco de padecer Doenças Crônicas Não Transmissíveis. Neste sentido, a prevenção e o tratamento concentraram-se na atividade física como um método eficaz para restaurar a variabilidade do ritmo cardíaco e diminuir os riscos para a saúde. Esta revisão visa descrever o comportamento da variabilidade do ritmo cardíaco em relação à prática da atividade física em pacientes com síndrome metabólica. A síndrome metabólica tem sido associada com predominância simpática e retirada parassimpática que apresenta um risco de doenças crônicas não transmissíveis que podem ser restauradas com actividade física regular. A actividade física pode restaurar a variabilidade do ritmo cardíaco, relacionada com a síndrome metabólica, no entanto, são necessários mais estudos para tentar explicar todas as condições às quais o equilíbrio autonómico responde.

Palavras-chave: Exercício; Sistema nervoso autónomo; Ritmo cardíaco; Síndrome metabólico.

INTRODUCCIÓN

El síndrome metabólico (SM) es considerado una gran amenaza para la salud a nivel mundial. El SM aún no está claramente definido; Sin embargo, en forma general considera a un grupo de trastornos que se presentan de forma simultánea incrementando el riesgo de desarrollar Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT) como lo es la enfermedad cardiovascular, obesidad y diabetes mellitus tipo II entre otras (Robles, & Carlos., 2013; Saboya et al., 2016). El SM reporta una prevalencia muy diversa, alcanzando hasta un 27,3 %. Estos valores van a depender de la definición que es utilizada en relación a los criterios y valores de referencia en los parámetros metabólicos (Robles, & Carlos., 2013; Saboya et al., 2016).

Actualmente la literatura ha utilizado ampliamente a la variación del tiempo que transcurre entre latidos cardíacos consecutivos (variabilidad del ritmo cardíaco) como una medida que refleja la actividad del sistema nervioso autónomo sobre la función cardíaca (Espinoza-Salinas et al., 2015; Rosales-Soto, Corsini-Pino, Monsálves-Álvarez, & Yáñez-Sepúlveda., 2016; Altini, Van Hoof, & Amft., 2017; Perrotta, Jeklin,



Hives, Meanwell, & Warburton., 2017; Veloza., *et al.*, 2019). En este sentido, la variabilidad del ritmo cardiaco ha permitido registrar y analizar la acción del sistema nervioso autónomo y el sistema nervioso parasimpático sobre la función cardiaca en el denominado balance autonómico. El balance autonómico se caracteriza por presentar una disminución del marcador de ritmo cardiaco y aumento de la variabilidad de este, mientras que un estado de desbalance se ha caracterizado por aumentos del ritmo cardiaco y disminuciones en la variabilidad del mismo, producto del predominio simpático y retirada parasimpática implicada en la fisiopatología de la arritmogénesis, muerte súbita cardíaca, hipertensión arterial, obesidad y resistencia a la insulina (Espinoza-Salinas., *et al.*, 2015; Espinoza-Salinas, Acuña-Vera, Sánchez-Aguilera, & Zafra-Santos., 2016; Yadav, Yadav, Agrawal, Sah, & Islam., 2017; Rodríguez Pena *et al.*, 2019; Espinoza-Salinas., González-Jurado., Burdiles-Álvarez., Arenas-Sánchez, & Bobadilla-Olivares., 2020).

En la actualidad la prevención y/o tratamiento del SM, se ha centrado en el uso de terapias farmacológicas y no farmacológicas, sugiriéndose entre estas últimas a la práctica de actividad física y/o ejercicio físico como una forma eficaz para reducir el peso corporal y restaurar el balance autonómico (Álvarez *et al.*, 2014; Yadav *et al.*, 2017; Kinoshita *et al.*, 2018). En este sentido, los programas de actividad física han demostrado ser fundamentales en la prevención de ECNT relacionadas al SM. Sin embargo, estos aún son objeto de estudio producto de la falta de consenso relacionado con las interpretaciones de la variabilidad del ritmo cardíaco como medida de control autonómico en salud y enfermedad (Billman, Huikuri, Sacha, & Trimmel., 2015; Laborde, Mosley, & Thayer., 2017; Shaffer, F., & Ginsberg., 2017).

Por esta razón, esta revisión se planteó como objetivo describir el comportamiento de la variabilidad del ritmo cardíaco frente a la práctica de actividad física en pacientes con SM.

DESARROLLO

Síndrome metabólico y balance autonómico

El SM es considerado una gran amenaza para la salud a nivel mundial, este aún no está claramente definido por causa de la heterogeneidad entre criterios diagnóstico, no obstante, en forma general considera a un grupo de trastornos que se presentan de forma simultánea incrementando el riesgo de desarrollar ECNT (Robles, & Carlos., 2013; Saboya *et al.*, 2016).

Este síndrome reporta una prevalencia muy diversa, alcanzando hasta un 27,3 % dependiendo de la definición utilizada con relación a los criterios y valores referenciales de diagnóstico (Robles, & Carlos., 2013; Saboya *et al.*, 2016), por lo que la literatura científica ha planteado la vinculación de los criterios diagnóstico relacionados al SM con la variabilidad del ritmo cardíaco (Sheema, & Malipatil., 2015; Yadal *et al.*, 2017; Goit, Pant, & Shrewastwa., 2018; Sessa *et al.*, 2018; Triggiani., 2019; Veloza *et al.*, 2019) (Tabla 1; Tabla 2).



Tabla 1. - Criterios diagnóstico para síndrome metabólico

Criterios diagnósticos	ATPIII	OMS	AACE	IDF
Triglicéridos ≥ 150 mg/dL	X	X	X	X
Colesterol de baja densidad: <40 mg/dL para hombres <50 mg/dL para mujeres	X	X	X	X
Presión arterial >130/85 mmHg	X	X	X	X
Insulina resistencia o IR		X		
Glucosa en ayuna > 100 mg/dL	X		X	X
Glucosa en 2 horas >140 mg/dL			X	
Obesidad abdominal: ≥ 94 cm en hombres ≥ 88 cm en mujeres	X			X
Índice masa corporal >24,9		X	X	
Microalbuminaria anormal		X		
Numero de criterios diagnostico	3 + IR	>2	Criterio Clínico	obesidad abdominal

Fuente: Adaptación del trabajo de Robles & Carlos (2013).

Tabla 2. - Medidas de variabilidad cardiaca según dominios temporal, espectral y no lineal

Temporal	Espectral	No lineal
RR	ULF	- SD1
Mean heart frequency	VLF	- SD2
SDNN		
RMSSD	LF	SD2/SD1
PNN50	HF	
	LF/HF	
	Total Power	

RR: Medidas de los intervalos R-R; SDNN: Desviación estándar de todos los intervalos RR; RMSSD: Cuadrado de la raíz media de la unión de los intervalos R-R adyacentes; PNN50: Número de intervalos adyacentes que varían por más de 50 ms; ULF: Ultra baja frecuencia; VLF: Baja frecuencia; LF: Baja frecuencia; HF: Alta frecuencia; LF/HF: Relación baja y alta frecuencia; SD1: Variabilidad de corto plazo de ritmo cardiaco; SD2: Variabilidad a largo plazo del ritmo cardiaco; SD2/SD1: Relación variabilidad largo y corto plazo.

Fuente: Adaptación de los trabajos de Tarvainen et al., (2014), Triggiani et al., (2019), Shaffer & Ginsberg (2017), Rahman, Habel & Contrada (2018).

El balance autonómico es gobernado directamente por el sistema nervioso autónomo a través de sus ramas simpática y parasimpática (Koch-Villegas et al., 2018), por lo cual las medidas de variabilidad del ritmo cardíaco han permitido monitorear la relación simpática-parasimpática asociada a estados de desbalance en estilos de vida poco saludables y patologías como la hipertensión arterial, resistencia a la insulina, proliferación del tejido adiposo y factores de riesgo cardiovascular y el SM (Espinoza-Salinas et al., 2015; Sánchez, Sánchez, & Suárez, 2015; Veloza et al., 2019).



En este contexto, un predominio en la actividad parasimpática puede favorecer la irrigación coronaria, permitiendo una diástole más prolongada y un menor periodo hipóxico en el ventrículo izquierdo, mientras que un predominio simpático se vincula a una mayor morbilidad y mortalidad cardiovascular independientemente a la existencia de otros marcadores de riesgo como las anomalías metabólicas, hemodinámicas, tróficas y reológicas (Sassi *et al.*, 2015; León Regal *et al.*, 2016; Wu D *et al.*, 2017; Rodríguez Pena *et al.*, 2019).

Actividad física como medida de control autonómico

La práctica de ejercicio regular está asociada con adaptaciones positivas en la composición corporal, condición física, niveles de inflamación crónica e índices de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, reflejados en aumentos del tono parasimpático y retirada simpática relacionada con la inhibición de la inflamación crónica y liberación de citoquinas proinflamatorias (Espinoza-Salinas *et al.*, 2020). Respecto a esto, se sabe que la actividad física de tipo aeróbica genera cambios favorables relacionados con la restauración autonómica, mortalidad, remodelación inversa del ventrículo izquierdo, capacidad funcional y calidad de vida, mientras que en condiciones de ejercicio en torno al 50 % del VO₂máx se han relacionado a una retirada parasimpática y predominio simpático. Por el contrario, altas intensidades se han asociado a la vía simpática, mecanismo de arritmia sinorespiratoria e influencia barorrefleja (Espinoza-Salinas *et al.*, 2016, Espinoza-Salinas *et al.*, 2020; Hernández García, *et al.*, 2018). En cuanto a la actividad física contra resistencia o de resistencia a la fuerza muscular, esta se ha relacionado con un efecto sinérgico en función de mejoras en la capacidad aeróbica y sensibilidad de los barorreceptores y quimiorreceptores asociados a disminuciones simpáticas en forma directa e indirecta, las cuales contribuyen a mejorar la respuesta cronotrópica para posteriores esfuerzos físicos aumentando la variabilidad del ritmo cardíaco en condiciones de reposo. Sin embargo, es importante considerar que los pacientes con insuficiencias cardíacas suelen presentar disminuciones en su capacidad funcional y tolerancia a la actividad física y/o ejercicio por lo que siempre se debe considerar su participación en programas de rehabilitación cardíaca en función de la valoración del costo beneficio de estos programas (Segovia, Manterola, González, & Rodríguez-Núñez, 2017; Hernández García *et al.*, 2018).

Siguiendo con esta argumentación, los pacientes que realizan algún tipo de actividad física incrementan la magnitud de las variables del dominio tiempo a diferencia de los sujetos que no reciben tratamiento médico convencional, lo que sugiere que la actividad física no solo se limita a las respuestas simpático-inhedoras, sino también a las parasimpáticas excitatorias en los mecanismos de control cardiovascular de estos pacientes (Segovia *et al.*, 2017).

Por otro lado, tanto la variabilidad del ritmo cardíaco como la composición corporal han sido estudiadas en numerosas ocasiones por separado, por lo que aún no existe abundante literatura que logre explicar todos los mecanismos modulares del balance autonómico en pacientes con sobrepeso y obesidad (Sánchez, Sánchez, & Suárez, 2015). Por esta razón, es importante considerar la relación entre estas dos variables y su influencia sobre la salud, puesto que la actividad física de tipo aeróbica genera respuestas fisiológicas moduladas por estímulos simpáticos y endocrinos, directamente asociados a la intensidad de trabajo, que también gatillan otras respuestas a nivel de múltiples líneas celulares, como lo es el aumento a la sensibilidad insulínica, modulación de la respuesta inmune y estimulación de los sistemas antioxidantes endógenos, modulados por la activación de la proteína quinasa activada por AMP (AMPK, por su sigla en inglés) y el receptor 4 tipo Toll-



4 por su sigla en inglés) (Espinoza-Salinas et al., 2015; Espinoza-Salinas et al., 2016; Espinoza-Salinas et al., 2020).

En este contexto, la actividad física tanto de intensidad moderada como alta son una forma eficaz de reducir el peso corporal y restaurar el balance autonómico, contrarrestando la retirada parasimpática durante el tiempo de activación autonómica procedente de las aferencias sensoriales de las fibras musculares tipo III y IV en sujetos con altos niveles de adiposidad, resistencia a la insulina, diabetes tipo II e insuficiencia (Álvarez et al., 2014; Yadav et al., 2017; Kinoshita et al., 2018).

En cuanto al balance autonómico post ejercicio, este produce una sobrecarga del volumen sanguíneo y la presión arterial sobre el cuerpo carotídeo (principal quimiorreceptor arterial periférico) que estimula la activación del barorreflejo como compensador de los aumentos y disminuciones de la presión arterial que induce en primera instancia una retirada del sistema parasimpático y una posterior disminución de la frecuencia cardíaca (Espinoza-Salinas et al., 2020). Este fenómeno hace presumir que la primera fase de recuperación post ejercicio, es modulada por el sistema nervioso central, mientras que la fase lenta es regulada por las señales autonómicas. No obstante, se debe considerar algunas excepciones como pueden ser los sujetos que presentan hipertensión arterial, puesto que no siempre lograrían adaptaciones significativas relacionadas a la restauración del balance autonómico por causa de la respuesta hipertensiva que dificulta las adaptaciones de la función cardíaca a condiciones mínimas de estrés físico o mental (Almeida et al., 2017; Rodríguez Pena et al., 2019).

Por otro lado, en la actualidad la literatura ha postulado múltiples teorías que intentan explicar cómo la adiposidad podría modificar la actividad neuronal involucrada en el sistema nervioso autónomo y la adaptación termogénica potenciada en condiciones de aumento de peso tanto en reposo como en ejercicio (Sheema, & Malipatil., 2015; Yadav., et al., 2017; Trigani et al., 2019). Sin embargo, lamentablemente aún no se han logrado establecer todos los mecanismos del balance autonómico relacionados con la obesidad, la resistencia a la insulina e insuficiencia cardíaca (Espinoza-Salinas et al., 2015; Rosales-Soto et al., 2016; Segovia et al., 2017; Goit, Pant, & Shrewastwa, 2018).

Balance autonómico en enfermedad cardiovascular y obesidad

Las enfermedades cardiovasculares se han relacionado a cambios hemodinámicos y daño miocárdico, puesto que, una de las primeras respuestas generadas en estos pacientes es la activación de las fibras aferentes y eferentes del sistema nervioso autónomo, las cuales contribuyen al desequilibrio simpático-parasimpático, generando la activación simpática y la retirada parasimpática reflejada en una menor variabilidad del ritmo cardíaco (Segovia et al., 2017).

Respecto a esto, un predominio simpático y retirada parasimpática pueden influenciar el volumen sistólico a través de variaciones en la fuerza contráctil y el redireccionamiento del flujo sanguíneo hacia zonas de mayor demanda vascular producto de la estimulación de los receptores adrenérgicos β_1 , β_2 y β_3 sensibles a la adrenalina, los cuales desencadenan una serie de reacciones químicas sobre la bomba de calcio y el potencial de acción de las células no contráctiles del nódulo sinusal que generan aumentos del ritmo cardíaco y disminuciones de la variabilidad del mismo. Por el contrario, un predominio parasimpático inhibe la vía simpática producto de la activación de los canales de calcio y los receptores de acetilcolina M1,



M2, M3 y M5 del nódulo sinusal, produciendo disminuciones del ritmo cardiaco y aumentos de la variabilidad de este (Sessa *et al.*, 2018; Veloza *et al.*, 2019).

En este contexto, un predominio en la actividad simpática y retirada parasimpática podría relacionarse con una disminuciones de la sensibilidad barorrefleja y metaborreceptores comunes en enfermedades cardiovasculares y obesidad, mientras que los mecanismos del balance autonómico relacionados con el tejido adiposo y la resistencia a la insulina hacen presumir que los procesos proinflamatorios causados por las citoquinas TNF- α y IL-6 y la liberación de hormonas como la adiponectina, resistina, leptina y visfatina pueden provocar modificaciones sobre el balance autonómico reduciendo la capacidad física (Espinoza-Salinas *et al.*, 2015). Respecto a esto, la variabilidad de la frecuencia cardiaca parece disminuir a medida que aumenta el tejido adiposo, siendo esta disminución más pronunciada en pacientes que también padecen resistencia a la insulina en comparación a quienes no (Espinoza-Salinas *et al.*, 2015).

Los hallazgos expuestos hacen hincapié en la necesidad de que futuras investigaciones logren establecer todos los factores que pueden influenciar el balance autonómico, puesto que, este conocimiento no es claro aún (Rahman, Habel, & Contrada., 2018).

El exceso de adiposidad parece relacionarse con la variabilidad del ritmo cardíaco, mientras que las mujeres parecen tener una menor variabilidad del ritmo cardiaco en comparación a hombres, lo que sugiere un efecto protector contra arritmias y contra el desarrollo de enfermedades coronarias. Sin embargo, estas diferencias se ven reducidas a lo largo de la vida producto de la pérdida de estrógenos (Sánchez, Sánchez, & Suárez., 2015). Por otro lado, los perfiles de variabilidad cardiaca más favorables se asocian a actividad física moderada y vigorosa en niños y adolescentes con menor adiposidad y mejor condición física, mientras que la variabilidad del ritmo cardiaco en adultos y adultos mayores se relaciona a la composición corporal. Por tanto, esta relación aun es contradictoria ya que no existe consenso respecto al nivel de influencia de la masa corporal sobre la variabilidad del ritmo cardiaco a pesar de que algunas investigaciones han sugerido una relación entre el balance autonómico y factores como la edad, sexo, adiposidad, sedentarismo, calidad de sueño y estrés (Sánchez, Sánchez, & Suárez., 2015).

La mayoría de los estudios analizados proponen que los desequilibrios simpático-parasimpáticos se relacionan directamente con la patogénesis de enfermedades como la obesidad, resistencia a la insulina, diabetes tipo II, insuficiencia cardiaca entre otras relacionadas al SM (Espinoza-Salinas *et al.*, 2015; Sánchez, Sánchez, & Suárez.,2015; León Regal *et al.*, 2016; Rosales-Soto., *et al.*, 2016; Altini, Van Hoof, & Amft., 2017; Perrotta *et al.*, 2017; Segovia *et al.*, 2017; Yadav *et al.*, 2017; Wu D *et al.*, 2017; Veloza *et al.*, 2019; Rodríguez Pena *et al.*, 2019; Espinoza-Salinas *et al.*, 2020).

Finalmente, los hallazgos revisados por la presente revisión permiten comprender de mejor manera el comportamiento de la variabilidad cardiaca en el SM.



CONCLUSIÓN

La actividad física juega un rol fundamental en el diagnóstico, prevención y tratamiento del SM, debido a que es capaz de disminuir e incluso restaurar el estado de desbalance simpático-parasimpático. Por tanto, aún se requieren de otros estudios que intenten determinar y explicar todos los mecanismos involucrados en el control autónomo en las diversas patologías que componen el SM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, L. B. de, Peçanha, T., Mira, P. A. de C., Souza, L. V. de, da Silva, L. P., Martinez, D. G., et al. (2017). Cardiac Autonomic Dysfunction in Offspring of Hypertensive Parents During Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 38(14), 1105-1110. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29050039>

Altini, M., Van Hoof, C., & Amft, O. M. (2017). Relation between estimated cardiorespiratory fitness and running performance in free-living: An Analysis of HRV4Training data. *IEEE International Conference on Biomedical & Health Informatics*, Orlando, Florida, 249-52. Recuperado de <https://ieeexplore.ieee.org/document/7897252>

Álvarez, C., Ramírez Campillo, R., Henríquez Olguín, C., Castro Sepúlveda, M., Carrasco, V., & Martínez, C. (2014). ¿Pueden ocho semanas de ejercicio físico combinado normalizar marcadores metabólicos de sujetos hiperglicémicos y dislipidémicos? *Revista Médica de Chile*, 142(4), 458-466. Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872014000400007

Billman, G. E., Huikuri, H. V., Sacha, J., & Trimmel, K. (2015). An introduction to heart rate variability: Methodological considerations and clinical applications. *Frontiers in Physiology*, 6, 55. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25762937>

Espinoza-Salinas, A., Zafra-Santos, E., Pavez-Von Martens, G., Cofré-Bolados, C., Lemus-Zúñiga, J., & Sánchez-Aguilera, P. (2015). Análisis de variabilidad del ritmo cardiaco y su relación con la sensibilidad insulínica en pacientes obesos y con sobrepeso. *Revista médica de Chile*, 143(9), 1129-1135. Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872015000900005

Espinoza-Salinas, A., Acuña-Vera, S., Sánchez-Aguilera, P., & Zafra-Santos, E. (2016). Revisión bibliográfica: efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad en el balance autónomo y la cinética del consumo de oxígeno en sujetos obesos. *Revista Horizonte Ciencias de la Actividad Física*, 7(2), 30-45. Recuperado de <http://revistahorizonte.ulagos.cl/index.php/horizonte/article/view/76>

Espinoza-Salinas, A., González-Jurado, J., Burdiles-Álvarez, A., Arenas-Sánchez, G., Bobadilla-Olivares, M. (2020). Efectos del entrenamiento cardiovagal en la respuesta autónoma en personas con sobrepeso. *Retos*, 38, 118-122.



Goit, R. K., Pant, B. N., & Shrewastwa, M. K. (2018). Moderate intensity exercise improves heart rate variability in obese adults with type 2 diabetes. *Indian Heart Journal*, 70(4), 486-491. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30170641>

Hernández García S, Mustelier Oquendo J A, Larrinaga Sandrino V, Rodríguez Nande L, Sorio Valdés B, Peña Bofill V, et al. (2018). Efecto del entrenamiento físico en pacientes con insuficiencia cardiaca crónica y fracción de eyección del ventrículo izquierdo deprimida. *Revista Cubana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular*, 20(3);309-328.

Kinoshita, M., Yokote, K., Arai, H., Iida, M., Ishigaki, Y., Ishibashi, S., et al. (2018). Japan Atherosclerosis Society (JAS) Guidelines for Prevention of Atherosclerotic Cardiovascular Diseases 2017. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*, 25(9), 846-984. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30135334>

Koch-Villegas, G., Cancino-López, J., Roco-Videla, Á., Jorquera-Aguilera, C., Aguilera-Eguía, R., & Hernández-Orellana, M. (2018). Control del ritmo cardiaco, ingesta energética y calidad del sueño en bailarines de danza clásica. *Revista Finlay*. 8(4), 284-290. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2221-24342018000400006&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Laborde, S., Mosley, E., & Thayer, J. F. (2017). Heart Rate Variability and Cardiac Vagal Tone in Psychophysiological Research Recommendations for Experiment Planning, Data Analysis, and Data Reporting. *Frontiers in Psychology*, 8, 213. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28265249>

León Regal, M., Benet Rodríguez, M., Mass Sosa, L., Williams Serrano, S., González Otero, L., & León Valdés, A. (2016). La hiperreactividad cardiovascular como factor predictivo de la hipertensión arterial en la mujer. *MediSur*, 14(3), 269-279. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2016000300009

Perrotta, A. S., Jeklin, A. T., Hives, B. A., Meanwell, L. E., & Warburton, D. E. R. (2017). Validity of the Elite HRV Smartphone Application for Examining Heart Rate Variability in a Field-Based Setting. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(8), 2296-2302. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28195974>

Rahman, S., Habel, M., & Contrada, R. J. (2018). Poincaré plot indices as measures of sympathetic cardiac regulation: Responses to psychological stress and association with pre-ejection period. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 133, 79-90. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30107195>

Robles, L., & Carlos, J. (2013). Síndrome metabólico: Concepto y aplicación práctica. *Anales de la Facultad de Medicina*, 74(4), 315-320. Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1025-55832013000400009&lng=es&nrm=iso

Rodríguez Pena, A., Guirado Blanco, O., González Paz, H. J., Ballesteros Hernández, M., Casas Blanco, J. C., Cárdenas Rodríguez, A. E., et al. (2019). Balance autonómico basal y durante el ejercicio isométrico en jóvenes con diferente reactividad cardiovascular. *CorSalud*, 11(1), 11-20. Recuperado de



http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2078-71702019000100011&lng=es&tlng=pt -

Rosales-Soto, G., Corsini-Pino, R., Monsálves-Álvarez, M., & Yáñez-Sepúlveda, R. (2016). Respuesta del balance simpático-parasimpático de la variabilidad de la frecuencia cardíaca durante una semana de entrenamiento aeróbico en ciclistas de ruta. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 9(4), 143-147. Recuperado de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1888-75462016000400143

Saboya, P. P., Bodanese, L. C., Zimmermann, P. R., Gustavo, A. da S., Assumpção, C. M., & Londero, F. (2016). Síndrome metabólico y calidad de vida: Una revisión sistemática. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 24. Recuperado de http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-116920160001000615&script=sci_abstract&tlng=es

Sánchez, G. F. L., Sánchez, L. L., & Suárez, A. D. (2015). Composición corporal y variabilidad de la frecuencia cardíaca: Relaciones con edad, sexo, obesidad y actividad física. *SPORT TK-Revista Euro Americana de Ciencias del Deporte*, 4(2), 33-40. Recuperado de <https://revistas.um.es/sportk/article/view/242921>

Sassi, R., Cerutti, S., Lombardi, F., Malik, M., Huikuri, H. V., Peng, C.K., et al. (2015). Advances in heart rate variability signal analysis: Joint position statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the European Heart Rhythm Association co-endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society. *Europace: European Pacing, Arrhythmias, and Cardiac Electrophysiology: Journal of the Working Groups on Cardiac Pacing, Arrhythmias, and Cardiac Cellular Electrophysiology of the European Society of Cardiology*, 17(9), 1341-1353. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26177817>

Segovia, V., Manterola, C., González, M., & Rodríguez-Núñez, I. (2017). El entrenamiento físico restaura la variabilidad del ritmo cardiaco en la insuficiencia cardiaca. Revisión sistemática. *Archivos de cardiología de México*, 87(4), 326-335. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-99402017000400326&lng=es&nrm=iso

Sessa, F., Anna, V., Messina, G., Cibelli, G., Monda, V., Marsala, G., et al. (2018). Heart rate variability as predictive factor for sudden cardiac death. *Aging*, 10(2), 166-177. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29476045>

Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health*, 5, 117. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5624990/>

Sheema, U. K., & Malipatil, B. S. (2015). A cross-sectional study on effect of body mass index on the spectral análisis of heart rate variability -. *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology*, 5(3), 250-252. Recuperado de <https://www.bibliomed.org/?mno=177891>

Tarvainen, M. P., Niskanen, J.-P., Lipponen, J. A., Ranta-Aho, P. O., & Karjalainen, P. A. (2014). Kubios HRV—heart rate variability analysis software. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 113(1), 210-220. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.07.024>



Triggiani, A. I., Valenzano, A., Trimigno, V., Di Palma, A., Moscatelli, F., Cibelli, G., & Messina, G. (2019). Heart rate variability reduction is related to a high amount of visceral adiposity in healthy young women. *PloS One*, 14(9), e0223058. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31553779>

Veloza, L., Jiménez, C., Quiñones, D., Polanía, F., Pachón-Valero, L. C., & Rodríguez-Triviño, C. Y. (2019). Variabilidad de la frecuencia cardíaca como factor predictor de las enfermedades cardiovasculares. *Revista Colombiana de Cardiología*, 26(4), 205-210. Recuperado de <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-colombiana-cardiologia-203-articulo-variabilidad-frecuencia-cardiaca-como-factor-S0120563319300683>

Wu, D., Xu, L., Abbott, D., Hau, W. K., Ren, L., Zhang, H., & Wong, K. K. L. (2017). Analysis of beat-to-beat blood pressure variability response to the cold pressor test in the offspring of hypertensive and normotensive parents. *Hypertension Research: Official Journal of the Japanese Society of Hypertension*, 40(6), 581-589. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28179624>

Yadav, R.L., Yadav, P.K., Yadav, L.K., Agrawal, K., Sah, SK. & Islam, M.N. (2017). Association between obesity and heart rate variability indices: an intuition toward cardiac autonomic alteration - a risk of CVD. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy* 10: 57-64. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28255249>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional. Copyright (c) 2020 Héctor Fuentes Barria, Catalina González Wong, Sebastián Urbano Cerda, Valentina Vera-Aguirre, Raúl Aguilera Eguía

