

## Efecto del entrenamiento interválico de alta intensidad sobre el comportamiento del sistema nervioso autónomo

### Effect of high intensity Interval training on the autonomic nervous system

\*Isaac García-Flores, \*Marco Antonio Hernández-Lepe, \*Jorge Alberto Aburto-Corona, \*Melinna Ortiz-Ortiz, \*\*José Naranjo-Orellana, \*Luis Mario Gómez-Miranda

\*Universidad Autónoma de Baja California (México), \*\*Universidad Pablo de Olavide (España)

**Resumen.** El entrenamiento interválico de alta intensidad (EIAI) se ha convertido en un método de entrenamiento estratégico y novedoso para mejorar indicadores cardiovasculares, sin embargo, se ha estudiado poco el efecto sub-crónico sobre la variabilidad de la frecuencia cardíaca. Objetivo: Determinar el efecto crónico de un EIAI sobre el sistema nervioso autónomo en adultos sedentarios. Método: Participaron 20 adultos sedentarios aparentemente sanos ( $33.3 \pm 5.2$  años), a quienes se les estimó la velocidad intermitente final. El programa de entrenamiento interválico consistió en 6 semanas (16 sesiones) con descansos de 48 horas entre ellas. La respuesta del sistema nervioso autónomo se evaluó mediante la variabilidad de la frecuencia cardíaca y el índice de estrés. Resultados: No se encontraron diferencias significativas ( $p < .05$ ) entre las sesiones del programa de EIAI en el índice de estrés y la variabilidad de la frecuencia cardíaca. Conclusión: El entrenamiento interválico de alta intensidad no mostró alteraciones crónicas sobre el sistema nervioso autónomo, por lo cual este tipo de entrenamiento no causa estrés o sobrecarga en población sedentaria.

**Palabras clave:** Ejercicio físico; Ejercicio; Velocidad intermitente final; Variabilidad de la frecuencia cardíaca; Índice de estrés.

**Abstract.** High intensity interval training (HIIT) has become a strategic and novel training method to improve cardiovascular indicators, however, studies of the chronic effect on heart rate variability are limited. Objective: To determine the sub-chronic effect of a HIIT on the autonomic nervous system in sedentary adults. Method: 20 apparently healthy sedentary adults ( $33.3 \pm 5.2$  years) participated, who were estimated to have their final intermittent speed. The interval training program consisted in 16 sessions with 48-hour breaks between them. Autonomic nervous system response was assessed by heart rate variability and stress score. Results: No significant differences ( $p < .05$ ) were found between the HIIT program sessions on the stress index and the heart rate variability. Conclusion: The high intensity interval training did not show chronic alterations in the autonomic nervous system, so this type of training does not generate stress or overload in the sedentary population.

**Key words:** Physical exercise; Exercise; Maximum aerobic speed; Heart rate variability; Stress score.

---

Fecha recepción: 16-09-21. Fecha de aceptación: 30-11-22

Marco Antonio Hernández-Lepe

marco.antonio.hernandez.lepe@uabc.edu.mx

### Introducción

El entrenamiento interválico de alta intensidad (EIAI) se ha convertido en un método de entrenamiento estratégico y novedoso, ya que permite realizar entrenamientos de corta duración para obtener beneficios sobre parámetros fisiológicos en el menor tiempo posible (Taylor et al., 2019). El EIAI se caracteriza por series cortas y repetidas de ejercicio de alta intensidad intercalados con períodos de recuperación de actividad de baja intensidad o descanso pasivo (Machado et al., 2019).

Este método de entrenamiento se ha utilizado principalmente para mejorar el rendimiento físico en los atletas de élite (Franchini et al., 2019), sin embargo, su aplicación como método de entrenamiento para mejorar la salud en población general, mayormente sedentaria, actualmente sigue siendo un tema de debate. En la actualidad gran parte de la población no cumple con las recomendaciones mínimas de niveles de actividad física de 150 min semanales, debido principalmente a la falta de tiempo. El EIAI implica considerablemente menos tiempo del recomendado y puede dar resultados similares en el estado de salud (Hallal et al., 2012). Recientemente, se ha argumentado que el EIAI, es inapropiado para individuos sedentarios por sus altas intensi-

dades de ejercicio, sometidos a elevados niveles de estrés y sobrecarga de entrenamiento (Biddle & Batterham, 2015). Por otra parte, investigadores han desafiado esta posición y resaltado que el EIAI es un método estratégico y viable para la promoción y mejora de la salud (Karlsen et al., 2017).

El sistema nervioso autónomo (SNA) se encarga de mantener la homeostasis corporal durante y después de la práctica de ejercicio, produciéndose adaptaciones fisiológicas con el tiempo (Taralov et al., 2015). La frecuencia cardíaca, los niveles de lactato en sangre y la tasa de intercambio respiratorio son marcadores fisiológicos que se pueden evaluar para identificar niveles de estrés o fatiga posterior al entrenamiento e identificar si existe una recuperación o adaptación del ejercicio, permitiendo una correcta cuantificación en las cargas de entrenamiento (Olivares-Arancibia et al., 2021).

El ejercicio físico sistemático está relacionado con mejoras en parámetros cardiovasculares asociados a la frecuencia cardíaca de reposo y máxima. Una frecuencia cardíaca de reposo elevada está asociada a un mayor riesgo de padecer enfermedades crónico-degenerativas (Fox et al., 2007), por otro lado, la frecuencia cardíaca máxima ofrece información para evaluar una prueba física y para prescribir entrenamientos sistemáticos de forma adecuada. La frecuencia cardíaca ha

sido asociada paralelamente como el consumo de oxígeno en pruebas incrementales de ejercicio, sirviendo como criterio secundario asumido para validar el consumo máximo de oxígeno cuando ésta alcanza una variación  $\leq 10$  lpm o  $\leq 5\%$  del máximo predicho para la edad (220-edad en años), siendo de gran utilidad para medir la intensidad del esfuerzo o del ejercicio de una forma rápida y eficaz (Poole y Jones, 2017).

Una herramienta adecuada para medir de manera indirecta y no invasiva el comportamiento del SNA es la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), que se ha aplicado a la práctica clínica para proporcionar información sobre la regulación cardíaca, así como para evaluar las adaptaciones neuronales al ejercicio físico (Peçanha et al., 2017).

La VFC se ha definido como la variación en el tiempo entre latidos cardíacos consecutivos y puede evaluarse por métodos lineales y métodos no lineales que permiten evaluar el predominio entre el sistema nervioso parasimpático (SNP) y sistema nervioso simpático (SNS) (Task Force of the European Society of Cardiology, 1996).

Dentro de las variables de dominio tiempo en la VFC, la variable más adecuada en cuanto la proporción de valores directos en la actividad del SNP es la raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos de latidos R-R (RMSSD). Además, existe una variable poco estudiada llamada índice de estrés (SS), que arroja valores absolutos de comportamiento del SNS (Naranjo-Orellana et al., 2015).

La correcta interpretación de las variables SS y RMSSD pueden proporcionar de manera completa el comportamiento del SNA y su interacción y predominio entre el SNP y SNS. En términos de salud, existe evidencia que los valores altos en estado de reposo sobre la VFC, es decir, una alta modulación simpática, tiene una relación en el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares (ECV) (Fang et al., 2020). Abreu et al. (2019), describen que el EIAI puede ser una herramienta prometedora en la modulación de la VFC en individuos sanos y en pacientes con síndrome metabólico. Sin embargo, la mayoría de los estudios analizados en esa revisión sistemática han reportado la mejora en la VFC posterior a la intervención de un EIAI y no se han reportado monitoreos que puedan representar los cambios del SNA durante las sesiones del EIAI. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar el posible efecto de 16 sesiones de EIAI sobre el SS y la RMSSD en adultos sedentarios.

## Material y método

### Criterios de elegibilidad

Se reclutaron voluntariamente 20 adultos (7 hombres y 13 mujeres) sedentarios (Gasto energético diario  $<4$  equivalentes metabólicos) (Medina et al., 2013). Los sujetos de estudio pertenecían a la planta docente y administrativa de la

Facultad de Deportes de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), México. Los criterios de exclusión fueron los siguientes: 1) estar participando en otro programa de actividad física durante la realización de este estudio, 2) padecer alguna ECV, 3) presentar alguna complicación de salud durante el estudio, 4) estar consumiendo medicamentos o suplementos alimenticios, 5) ser fumadores.

### Consideraciones éticas

El estudio fue aprobado por la Junta Académica “Ejercicio físico y salud” de la UABC (Archivo Suplementario 1). Los sujetos antes de comenzar con el programa de entrenamiento firmaron la carta de consentimiento informado, donde se les explicaba en qué consistía el programa, completaron un formulario de actitud física (PAR-Q+) (Schwartz et al., 2019) y un cuestionario para determinar su nivel de actividad física diaria (IPAQ) (Medina et al., 2013). Todos los procedimientos experimentales se llevaron a cabo cumpliendo con la declaración de Helsinki (Hellman et al., 2014).

### Evaluaciones basales

Los participantes acudieron al laboratorio de Biociencias de la Motricidad Humana, de la Facultad de Deportes de la UABC, donde se les explicó el objetivo y procedimientos del estudio, cumplieron los diferentes cuestionarios, y posteriormente se tomaron las mediciones basales. Los participantes recibieron instrucciones de presentarse en ayuno, haber tenido un mínimo de ocho horas de sueño, no haber realizado actividad física vigorosa las últimas 24 horas y se les indicó que ingirieran las cantidades de agua diaria recomendadas por la European Food Safety Authority de 2.5 y 2.0 L/día para hombres y mujeres, respectivamente, que corresponde a un aproximado de 500 mmol/L de osmolalidad en orina en 24 horas (European Food Safety Authority, 2010).

Para la medición de la VFC se utilizó un monitor de frecuencia cardíaca marca Polar® RS800CX (Polar Electro, Lake Success, NY, USA), para evaluar la VFC se siguieron las indicaciones de medición de la Task Force of the European Society of Cardiology (1996), que consistió en que los participantes se colocaron en posición supina (acostado piernas y brazos extendidos) durante cinco minutos, evitando realizar movimientos y hablar para poder llegar a un mayor estado de relajación, tomando un registro de cinco minutos de la VFC en reposo. Una vez obtenidos los resultados, los registros se guardaron en el software Polar ProTrainer 5™ y se analizaron en el software Kubios® HRV (Versión 3.3, University of Eastern Finland, Finlandia). Al término de la medición de la VFC se tomó el peso en kg con una báscula de bio-impedancia (Inbody® 770, BIOSPACE, Tokio, Japón) y la estatura en cm con un estadiómetro digital (Modelo BSM 170, Seúl, Corea).

### Estimación de la velocidad intermitente final

Al finalizar las mediciones se realizó la prueba en campo 30-15 Intermitent Fitness Test (IFT) (Buchheit, 2010), llevada a cabo en la pista de atletismo con superficie de tartán de la Facultad de Deportes de la UABC. Dicha prueba inicia con una velocidad de 8 km/h y va en aumentando 0.5 km/h de velocidad por cada nivel y consiste en realizar un trote de 30 segundos de trabajo continuo en un trazado de 40 m a un ritmo definido por un pitido pregrabado específicamente para la prueba, el cual permite a los sujetos ajustar su velocidad de carrera al entrar a una zona de 3 m marcada en el centro y en cada extremo del trazado de 40 m. Al término de los 30 s de trabajo prosigue un periodo de 15 s de recuperación activa. Los sujetos deben realizar todos los niveles que sean posibles. La prueba finalizó cuando los sujetos no pudieron mantener la velocidad necesaria para completar los 40 m en 30 s por tres veces consecutivas y se consideró como una prueba válida cuando llegaron a un esfuerzo superior al 95% de su frecuencia cardíaca máxima teórica. El resultado obtenido de la velocidad intermitente final (VIF) se utilizó para cuantificar las cargas personalizadas requeridas del EIAl.

### Programa de entrenamiento interválico de alta intensidad

Se programaron las 16 sesiones de EIAl, con una recuperación de 48 horas entre cada una de ellas, es decir, tres sesiones por semana y se estandarizó la hora de su ejecución.

El programa de EIAl (Figura 1) se llevó a cabo en una banda sin fin (COSMED, Pulmonary Function Equipment® T170), inicialmente se realizó un calentamiento de 3 min al 40% de la VIF, seguido de cinco intervalos de alta intensidad durante 1 min de trabajo al 80% de la VIF y con 1 min de descanso activo al 50% de la VIF, para finalizar con una recuperación de 5 min al 40% de la VIF. Al finalizar la octava sesión, los intervalos de alta intensidad aumentaron al 90% de la VIF. El diseño de este entrenamiento se basó en el estudio de Reljic et al. (2018). Todos los porcentajes de carga fueron cuantificados con base al resultado de la prueba 30-15 IFT (Arazi et al., 2017).

Se monitoreó la VFC en condiciones basales en las sesiones 1, 4, 8, 12 y 16, los lineamientos para el registro se estandarizaron de la misma manera para todas las mediciones. Todas las sesiones se realizaron a una temperatura de 20.9±2.6 °C y una humedad relativa de 49.8±7.1%.

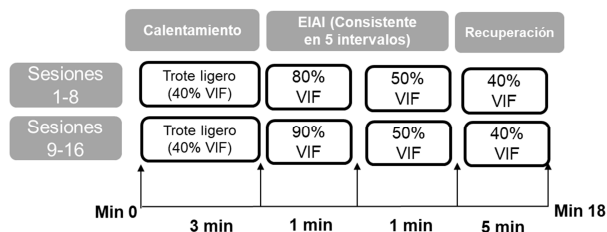


Figura 1. Programa de entrenamiento interválico de alta intensidad. EIAl: Entrenamiento interválico de alta intensidad; VIF: Velocidad intermitente final.

### Análisis estadístico

La distribución de normalidad de los datos se comprobó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Se realizó estadística descriptiva para las variables de edad, talla, peso, índice de masa corporal, VIF y frecuencia cardíaca. Se realizó un ANOVA de medidas repetidas para las variables dependientes SS y RMSSD. Se utilizó un nivel de significación de  $p < .05$ . Se determinó el Eta al cuadrado ( $\eta^2$ ) para cada efecto principal y se obtuvo el coeficiente de variación para las variables respectivas. el paquete estadístico utilizado fue el SPSS® versión 23 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

### Resultados

En total participaron 20 sujetos sedentarios, quienes cumplieron con los criterios de elegibilidad y llevaron a cabo las 16 sesiones de EIAl, sus características basales se muestran en la Tabla 1.

Respecto a las evaluaciones de la VFC (Tabla 2), no se encontraron diferencias significativas en la interacción entre género y mediciones para la variable RMSSD ( $p = .43$ ). De la misma manera no se encontraron diferencias significativas en el efecto simple de mediciones ( $p = .14$ ;  $\eta^2 = .08$ ). Para la variable SS tampoco se encontraron diferencias significativas en la interacción entre género y mediciones ( $p = .44$ ). De igual manera no se encontraron diferencias significativas en el efecto simple de mediciones ( $p = .69$ ;  $\eta^2 = .03$ ).

Tabla 1.

Características basales de los participantes

	Hombres	Mujeres	Total
N	7	13	20
Edad (años)	31,9 ± 6,7	33,2 ± 3,8	33,3 ± 5,2
Talla (cm)	174,6 ± 6,5	161,6 ± 5,6	167,7 ± 8,9
Peso (kg)	93,5 ± 11,2	68,4 ± 11,9	81,1 ± 16,3
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	30,8 ± 3,7	26,2 ± 3,9	28,7 ± 4,3
VIF (km/h)	14,9 ± 0,9	13,5 ± 1,3	14 ± 1,4
FC <sub>max</sub> (lpm)	188,7 ± 10,6	184,5 ± 10,3	185,6 ± 9,6

Datos expresados como media ± desviación estándar. IMC: índice de masa corporal; VIF: velocidad intermitente final; FC<sub>max</sub> = frecuencia cardíaca máxima

Tabla 2.

Variabilidad de la frecuencia cardíaca de los participantes durante el estudio

	Basal	Sesión 1	Sesión 4	Sesión 8	Sesión 12	Sesión 16	CV (%)
H-RMSSD	59,8 ± 9	42,9 ± 6	59,1 ± 9	67,6 ± 14	54,8 ± 12	62,6 ± 14	29 ± 5
M-RMSSD	52,2 ± 14	56,9 ± 15	56 ± 13	60,1 ± 10	55,5 ± 9	64,7 ± 14	30 ± 2
Total	54,8 ± 9	52 ± 10	57 ± 9	62,7 ± 8	55,2 ± 7	63,9 ± 10	30 ± 3
H-SS	18,2 ± 2	20,8 ± 2	15,6 ± 2	15,7 ± 3	17,7 ± 4	17,8 ± 4	26 ± 3
M-IE	21,6 ± 3	19,4 ± 2	19,4 ± 2	21,4 ± 4	19,8 ± 3	19,6 ± 2	19 ± 2
Total	20,3 ± 2	19,8 ± 1	18 ± 2	19,4 ± 3	19 ± 2	18,9 ± 2	22 ± 2

Datos expresados como media ± error estándar de la media. Las unidades en medición basal y todas las sesiones son expresadas como ms. H: Hombres; M: Mujeres; RMSSD: Raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos de latidos R-R; SS: Índice de estrés; CV: Coeficiente de varianza.

## Discusión

El presente estudio tuvo como objetivo analizar los posibles efectos de 16 sesiones de un EIAI sobre el SNA medido a través de la VFC en adultos sedentarios. Como resultado principal en este estudio, no se observaron cambios en la actividad del SNA en condiciones de reposo al iniciar las sesiones del EIAI, por lo tanto, los sujetos de estudio no presentaron estrés o sobrecarga, por lo que el tipo de entrenamiento puede considerarse apto para población sedentaria.

Los resultados no mostraron diferencias en la regulación del SNA entre género, diversos estudios han abordado la diferencia en la modulación de la VFC entre género, sin embargo, los resultados reportados hasta el momento siguen siendo inconsistentes. Algunos estudios informan que la modulación parasimpática de la frecuencia cardíaca es menor en las mujeres en comparación con los hombres (Farrell et al., 2020) y otros estudios reportan que el género no podría influir en la función del SNA (Pagani et al., 2018). Koenig y Thayer, (2016), reportan que el control autónomo de la frecuencia cardíaca en el género femenino se caracteriza por un menor valor de la actividad parasimpática, a pesar de mostrar una mayor frecuencia cardíaca, mientras que la VFC del género masculino se caracteriza por un dominio del tono simpático, a pesar de presentar una frecuencia cardíaca más baja, estos hallazgos destacan que las mujeres muestran una mayor actividad del SNP en comparación con los hombres, lo que proporciona un mecanismo potencial que subyace a la disparidad de salud entre los sexos. Aunque una explicación completa de los mecanismos potenciales por los cuales existan diferencia entre sexo sobre la VFC requiere estudios más específicos.

Existe limitada evidencia científica en los efectos crónicos del EIAI sobre la VFC, Perkins et al. (2017), examinaron la recuperación en la regulación de la VFC durante tres días posterior a una sola sesión de EIAI, como resultado principal reportan que posterior a 24 h de la sesión no se observaron cambios en la modulación parasimpática. Los resultados reportados en el presente estudio sugieren que el método de un EIAI puede ser una estrategia viable que no genere riesgos en sobrecargas y estrés sobre la modulación del SNA medido a nivel cardiovascular mediante la VFC (SS y RMSSD) en población sedentaria.

La evaluación de la VFC previo y posterior a un ejercicio físico de alta intensidad puede aportar niveles de estrés y estado físico de una persona, quien en condiciones de reposo debe expresar altos valores de RMSSD (Shaffer & Ginsberg, 2017), y posterior al ejercicio los mecanismos de recuperación del estrés le ayudan a mantener la homeostasis corporal (Dong, 2016). En el presente estudio no se encontraron cambios sobre la variable RMSSD en reposo previo a las sesiones de EIAI, variable que indica actividad del SNP.

De igual manera, no se observaron cambios en la variable

SS previo a las sesiones de EIAI. Esta variable se relaciona con la actividad simpática y su medición y control previo y posterior a un ejercicio físico intenso puede ayudar a una interpretación más completa del SNA (Naranjo-Orellana et al., 2015). La disminución de la actividad simpática en reposo expresa baja activación del SNS, por lo tanto, nos indica bajos valores de estrés. Gran parte de los estudios existentes reportan disminuciones de la modulación de la actividad simpática posterior a EIAI utilizando variables de dominio frecuencial como el índice de baja frecuencia/alta frecuencia (LF/HF) (Kiviniemi et al., 2014; Piras et al., 2015; Ramos et al., 2017),

## Limitaciones y Recomendaciones

Entre las limitaciones del presente estudio se encuentran el no contar con un grupo control debido al reducido tamaño de muestra, sin embargo, con los resultados obtenidos, se puede considerar realizar un estudio con un diseño que considere un mayor número de sesiones, un tamaño de muestra más adecuado, así como un grupo control, así mismo, algunas variables que pueden fortalecer estudios futuros son la evaluación de la composición corporal y los cambios en la velocidad final en las sesiones. Otra limitación fue no evaluar más variables relacionadas al SNA, sin embargo, con los resultados obtenidos se pueden estandarizar programas de entrenamiento específicos donde se evalúen no solo estas variables, sino también algunas otras como el consumo de oxígeno antes, durante y posterior a los entrenamientos, variable en la cual el EIAI ha mostrado efectos benéficos (Cano et al., 2020). También se considera una limitación el no haber realizado evaluaciones intermedias, debido a que el rendimiento pudo haber mejorado entonces. Una de las principales limitaciones fue también el tamaño de la muestra, la cual inclusive no tuvo una distribución homogénea, aun así se analizaron los resultados entre hombres y mujeres para buscar disminuir dicha limitación.

A pesar de todo lo anterior, aún es discutible el valor absoluto que nos aporta la VFC sobre el SNA (Michael et al., 2017), por lo cual el realizar investigaciones utilizando el SS y la RMSSD como herramientas para evaluar la actividad del SNA pueden ser de gran importancia para establecer el impacto en salud pública de este tipo de entrenamiento, pudiendo dar como resultado una forma de combatir los principales factores de riesgo (sobrepeso, obesidad y sedentarismo) para desarrollar enfermedades cardiovasculares.

## Conclusiones

La realización de 16 sesiones de un programa de EIAI con descansos de 48 horas entre ellas no resulta en alteraciones crónicas en el SNA medido mediante la VFC, por lo cual este tipo de entrenamiento no mostró estrés o sobrecarga a

nivel cardiovascular en población sedentaria. Futuras líneas de investigación pueden enfocarse en determinar las dosis de cargas más adecuadas para un EIAI en población sedentaria o estudiar grupos etarios específicos para fortalecer la evidencia existente y promover la práctica de este método de entrenamiento con fines de salud.

### Agradecimientos

A Guadalupe Martínez-Raya y América Estajersy Espinosa Lezama, estudiantes de Licenciatura en Actividad Física y Deporte de la UABC, México, por su apoyo a los investigadores durante la realización de las sesiones de ejercicio realizadas en la universidad.

### Referencias

- Alansare, A., Alford, K., Lee, S., Church, T., & Jung, H. (2018). The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on heart rate variability in physically inactive adults. *International journal of environmental research and public health*, 15(7), 1508.
- Arazi, H., Keihaniyan, A., EatemadyBoroujeni, A., Oftade, A., Takhsha, S., Asadi, A., & Ramirez-Campillo, R. (2017). Effects of heart rate vs. speed-based high intensity interval training on aerobic and anaerobic capacity of female soccer players. *Sports*, 5(3), 57.
- Biddle, S. J., & Batterham, A. M. (2015). High-intensity interval exercise training for public health: a big HIT or shall we HIT it on the head?. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 12(1), 95.
- Buchheit, M. (2010). The 30–15 intermittent fitness test: 10 year review. *Myorobie J*, 1(9), 278.
- Cano, L. A., Piza, Á. G., & Farfán, F. D. (2020). High intensity interval training in young rugby players from Argentina. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 20(80).
- Dong, J. G. (2016). The role of heart rate variability in sports physiology. *Experimental and therapeutic medicine*, 11(5), 1531-1536.
- European Food Safety Authority (2010) Scientific opinion on dietary reference values for water. *EFSA J*, 8(3):1459
- Fang, S. C., Wu, Y. L., & Tsai, P. S. (2020). Heart rate variability and risk of all-cause death and cardiovascular events in patients with cardiovascular disease: a meta-analysis of cohort studies. *Biological research for nursing*, 22(1), 45-56.
- Farrell, M. C., Giza, R. J., & Shibao, C. A. (2020). Race and sex differences in cardiovascular autonomic regulation. *Clinical Autonomic Research*, 30(5), 371-379.
- Fox, K., Borer, J. S., Camm, A. J., Danchin, N., Ferrari, R., Lopez Sendon, J. L., ... & Heart Rate Working Group. (2007). Resting heart rate in cardiovascular disease. *Journal of the American College of Cardiology*, 50(9), 823-830.
- Franchini, E., Cormack, S., & Takito, M. Y. (2019). Effects of High-Intensity Interval Training on Olympic Combat Sports Athletes' Performance and Physiological Adaptation: A Systematic Review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(1), 242-252.
- Hallal, P. C., Andersen, L. B., Bull, F. C., Guthold, R., Haskell, W., Ekelund, U., & Lancet Physical Activity Series Working Group. (2012). Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *The Lancet*, 380(9838), 247-257.
- Hellmann, F., Verdi, M., Schlemper Jr, B. R., Caponi, S. (2014). 50th anniversary of the Declaration of Helsinki: The double standard was introduced. *Archives of Medical Research*, 45, 600–601.
- Karlsen, T., Aamot, I. L., Haykowsky, M., & Rognmo, Ø. (2017). High intensity interval training for maximizing health outcomes. *Progress in cardiovascular diseases*, 60(1), 67-77.
- Kiviniemi, A. M., Tulppo, M. P., Eskelinen, J. J., Savolainen, A. M., Kapanen, J., Heinonen, I. H., Huikuri, H. V., Hannukainen, J.C., & Kalliokoski, K. K. (2014). Cardiac autonomic function and high-intensity interval training in middle-age men. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(10), 1960-1967.
- Koenig, J., & Thayer, J. F. (2016). Sex differences in healthy human heart rate variability: a meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 64, 288-310.
- Machado, A. F., Baker, J. S., Figueira Junior, A. J., & Bocalini, D. S. (2019). High-intensity interval training using whole-body exercises: training recommendations and methodological overview. *Clinical physiology and functional imaging*, 39(6), 378-383.
- Medina, C., Barquera, S., & Janssen, I. (2013). Validity and reliability of the International Physical Activity Questionnaire among adults in Mexico. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 34, 21-28.
- Michael, S., Graham, K. S., & Davis, G. M. (2017). Cardiac autonomic responses during exercise and post-exercise recovery using heart rate variability and systolic time intervals—a review. *Frontiers in physiology*, 8, 301.
- Naranjo-Orellana, J., de la Cruz-Torres, B., Sarabia-Cachadiña, E., de Hoyo, M., & Domínguez-Cobo, S. (2015). Two new indexes for the assessment of autonomic balance in elite soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 10(4), 452-457.
- Olivares-Arancibia, J., Solís-Urra, P., Porrás-López, F., Federeci-Díaz, I., Rodríguez-Rodríguez, F., Pablo-Zavala, J., & Cristi-Montero, C. (2021). Cardiac autonomic response during recovery using whole-body vibration after maximal cardiopulmonary exercise test. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*,

- (42), 323-330.
- Pagani, M., Sala, R., Malacarne, M., & Lucini, D. (2018). Benchmarking heart rate variability to overcome sex-related bias. *Sex-Specific Analysis of Cardiovascular Function*, 191-205.
- Peçanha, T., Bartels, R., Brito, L. C., Paula-Ribeiro, M., Oliveira, R. S., & Goldberger, J. J. (2017). Methods of assessment of the post-exercise cardiac autonomic recovery: A methodological review. *International journal of cardiology*, 227, 795-802.
- Perkins, S. E., Jelinek, H. F., Al-Aubaidy, H. A., & de Jong, B. (2017). Immediate and long term effects of endurance and high intensity interval exercise on linear and nonlinear heart rate variability. *Journal of science and medicine in sport*, 20(3), 312-316.
- Piras, A., Persiani, M., Damiani, N., Perazzolo, M., & Raffi, M. (2015). Peripheral heart action (PHA) training as a valid substitute to high intensity interval training to improve resting cardiovascular changes and autonomic adaptation. *European journal of applied physiology*, 115(4), 763-773.
- Poole, D. C., & Jones, A. M. (2017). Measurement of the maximum oxygen uptake  $Vo_{2max}$ :  $Vo_{2peak}$  is no longer acceptable. *Journal of applied physiology*, 122(4), 997-1002.
- Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Borrani, F., Beetham, K. S., Mielke, G. I., Dias, K. A., Wallen, M. P., Keating, S. E., Fasset, R. G., & Coombes, J. S. (2017). High-intensity interval training and cardiac autonomic control in individuals with metabolic syndrome: a randomised trial. *International journal of cardiology*, 245, 245-252.
- Reljic, D., Wittmann, F., & Fischer, J. E. (2018). Effects of low-volume high-intensity interval training in a community setting: a pilot study. *European journal of applied physiology*, 118(6), 1153-1167.
- Schwartz, J., Mas-Alòs, S., Takito, M. Y., Martinez, J., Cueto, M. E. Á., Mibelli, M. S. R., Nagtegaal, J., Lubert, J., Rodrigues-Bezerra, D., Bredin, S. S. D., & Warburton, D. E. (2019). Cross-cultural translation, adaptation, and reliability of the Spanish version of the Physical Activity Readiness Questionnaire for Everyone (PAR-Q+). *The Health & Fitness Journal of Canada*, 12(4), 3-14.
- Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in public health*, 5, 258.
- Sheykhloovand, M., Gharaat, M., Khalili, E., Agha-Alinejad, H., Rahmaninia, F., & Arazi, H. (2018). Low-volume high-intensity interval versus continuous endurance training: Effects on hematological and cardiorespiratory system adaptations in professional canoe polo athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(7), 1852-1860.
- Taralov, Z. Z., Terziyski, K. V., & Kostianev, S. S. (2015). Heart rate variability as a method for assessment of the autonomic nervous system and the adaptations to different physiological and pathological conditions. *Folia medica*, 57(3-4), 173-180.
- Task Force of The European Society of Cardiology. (1996). The North American Society of Pacing and Electrophysiology (Membership of the Task Force listed in the Appendix), Heart rate variability Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, 17, 354-381.
- Taylor, J. L., Holland, D. J., Spathis, J. G., Beetham, K. S., Wisløff, U., Keating, S. E., & Coombes, J. S. (2019). Guidelines for the delivery and monitoring of high intensity interval training in clinical populations. *Progress in cardiovascular diseases*. 62(2), 140-146.