



La variabilidad de la frecuencia cardíaca y su evaluación en deportes de resistencia, una mirada bibliográfica

The variability of heart rate and its evaluation in resistance sports, a bibliographic look

José Ferney Torres-Ortiz¹

¹Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia; jose.erney@hotmail.com

Cómo citar: Torres-Ortiz, J.F. 2021. La variabilidad de la frecuencia cardíaca y su evaluación en deportes de resistencia, una mirada bibliográfica. Rev. Digit. Act. Fis. Deporte. 7(1):e1617. <http://doi.org/10.31910/rdafd.v7.n1.2021.1617>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista Digital: Actividad Física y Deporte, bajo una licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

Recibido: Junio 29 de 2020 **Aceptado:** Octubre 19 de 2020 **Editado por:** Álvaro José Gracia Díaz

RESUMEN

Introducción: Cuando el deportista inicia una actividad deportiva, su organismo presenta un elevado aumento en su temperatura corporal, su Sistema Nervioso Autónomo (SNA) controla y regula, de forma autónoma, los latidos del corazón, la respiración y el sudor. **Objetivo general:** Evaluar la reacción del sistema nervioso autónomo, sobre el sistema cardiovascular, de una forma no invasiva, en respuesta a un ejercicio físico. **Metodología:** Este artículo muestra las conclusiones y los protocolos de evaluación utilizados, para controlar y evaluar el entrenamiento y la competición en deportistas de resistencia, mediante los métodos de dominio tiempo y dominio frecuencia. La búsqueda, se realizó en las bases de datos Scielo, DialNet y el buscador de Google Académico, utilizando las palabras clave, variabilidad de la frecuencia cardíaca y deportes de resistencia; asimismo, se efectuó la lectura del título de 506 estudios relacionados con las palabras clave, se descartaron 381 estudios y se realizó la lectura del resumen de 125, seleccionando 50 estudios, para su respectivo análisis. **Resultados:** La evaluación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca es indicador de los mecanismos de adaptación autónoma cardiovascular del corazón en los deportistas de

resistencia. Conclusiones: Están directamente relacionadas con el volumen y la intensidad del ejercicio, a su vez, es un marcador del estado de salud y puede ayudar a diagnosticar rápidamente y con facilidad, los estados de fatiga, sobre-entrenamiento y agotamiento en los deportistas.

Palabras clave: Variabilidad de la frecuencia cardíaca; Deporte; Resistencia; Atleta; Sistema cardiovascular.

ABSTRACT

Introduction: When the sportsman or woman starts a sport activity, his or her organism presents a high increase in its body temperature, its Autonomous Nervous System (ANS), controls and regulates in an autonomous way the heartbeat, the breathing and the sweat. **General objective:** To evaluate the reaction of the autonomic nervous system, on the cardiovascular system in a non-invasive way, in response to a physical exercise. **Methodology:** This article shows the conclusions and evaluation protocols used to control and evaluate training and competition in endurance athletes, using time and frequency domain methods. The search was carried out in Scielo, DialNet and Google Academic databases, using the keywords, heart rate variability and endurance sports; likewise, the title of 506 studies related to the keywords was

read, 381 studies were discarded and the abstract of 125 was read, selecting 50 studies for their respective analysis. **Results:** The evaluation of heart rate variability is an indicator of the mechanisms of autonomous cardiovascular adaptation of the heart in endurance athletes. **Conclusions:** They are directly related to the volume and intensity of the exercise, in turn, is a marker of health status and can help diagnose quickly and easily, the states of fatigue, over-training and exhaustion in athletes.

Keywords: Heart rate variability; Sport; Resistance; Athlete; Cardiovascular system.

INTRODUCCIÓN

El deporte es una actividad física practicada de forma individual y en equipo, como juego, hobby o competición, en todo el mundo. Cada disciplina deportiva, se caracteriza por tener un tipo específico de objetivos, deportes de resistencia de larga, media y corta duración y otras más. Cuando un deportista inicia una actividad deportiva, su organismo presenta un elevado aumento en su temperatura corporal y su sistema nervioso autónomo, controla y regula, de forma automática, los latidos del corazón, la respiración y el sudor; los órganos son controlados por el sistema nervioso simpático y el parasimpático y, en algunas ocasiones, tienen efectos opuestos en el mismo órgano. “El sistema simpático aumenta la presión arterial, mientras que el parasimpático la disminuye, trabajan juntos para garantizar que el cuerpo responda adecuadamente a las diferentes situaciones” (Muñoz, 2019). Además, para determinar las variables fisiológicas de la respuesta al ejercicio sobre el cuerpo en los deportistas existen varios tipos de pruebas, que valoran con precisión y sin alterar el rendimiento físico del deportista; por ejemplo, la variabilidad de la frecuencia cardíaca - heart rate variability (VCF o HRV). La variabilidad de la frecuencia cardíaca “es la variación en tiempo (milisegundos) entre latido y latido cardíaco, refleja la respuesta del sistema nervioso autónomo (SNA) sobre el sistema cardiovascular; la variabilidad de la frecuencia cardíaca se puede medir antes, durante y después del ejercicio por medio de monitores como el polar Rs800cx6, analizando mediante el software Kubios HRV los resultados de las muestras obtenidas a través de los métodos de dominio, tiempo y frecuencia, utilizando el modelo matemático transformada rápida de Fourier (TRF) y modelo autorregresivo (AR)” (Porrás & Bernal, 2019).

En cuanto al deporte, específicamente los deportes de resistencia, cabe aclarar que existen diferentes modalidades: “deportes de resistencia aeróbica y deportes de resistencia anaeróbica; algunos ejemplos son el atletismo, tenis, natación, fútbol, gimnasia artística, pesas libres, triatlón, ciclismo” (Enciclopedia de Ejemplos, 2019). Los deportes de resistencia son aquellos que permiten realizar un esfuerzo, ya sea de baja, media o alta intensidad, durante un tiempo definido, determinando “la capacidad física de un deportista para resistir la fatiga en trabajos de prolongada duración” (Renato, 1991). Además, la resistencia es una capacidad importante para el éxito de los deportistas. “La resistencia es la aptitud dominante en las carreras de fondo” (Bompa, 2016). Existen diferentes clases o subdivisiones de resistencia aplicada para cada deporte, ejemplo, la resistencia de larga, media y corta duración. La resistencia de larga duración, según O’Farrill *et al.* (2001), se aplica cuando se cubre una distancia en un tiempo mayor de 10 a 60 minutos y más, sin experimentar una significativa reducción de la marcha, suministrada por el volumen de oxígeno por unidad de tiempo (capacidad aeróbica). En cuanto a deportes de resistencia de larga duración, el ciclismo es un claro ejemplo; según Pérez & Gardey (2017), el ciclismo es una actividad física en la que se utiliza una bicicleta para recorrer distancias al aire libre o en una pista cubierta, siendo un deporte individual como en equipo y de estrategia, que involucra el metabolismo aeróbico, debido a las largas distancias que recorren los deportistas. Además, para mejorar y evaluar la resistencia en los deportistas de resistencia existen diferentes pruebas, algunas, se conocen como test (pruebas de valoración de la condición física); según Pérez (2008), los test “son utilizados para medir el estado físico del deportista, constituidos por una serie de mediciones preestablecidas que permiten conocer variables del entrenamiento, corrigiendo deficiencias en su planeación”.

En el caso particular del ciclismo, uno de los test más utilizados, según Allen & Coggan (2010) es el umbral funcional de potencia (FTP o UFP), que determina el estado de forma física actual del ciclista, “el umbral de potencia funcional se define como la potencia máxima que puede desarrollar un ciclista durante un tiempo de veinte minutos” (Casas *et al.* 2017).

En cuanto a la variabilidad de la frecuencia cardíaca en ciclistas existen varios estudios relacionados con el tema, ejemplo de ello, fue el realizado en

Chile, publicado en el 2016, donde se evaluó la respuesta del balance simpático-parasimpático de la variabilidad de la frecuencia cardíaca durante una semana de entrenamiento aeróbico, en ciclistas de ruta, edad $27,0 \pm 1,9$ años, estatura $170,0 \pm 6,6$ cm y un peso de $66,0 \pm 4,3$ kg, pertenecientes a un equipo de ciclismo de ruta y participantes de la categoría todo competidor, del circuito nacional Chileno, evaluados durante seis días con un entrenamiento aeróbico ($108,4 \pm 49,5$ km por día). Cada día, se les midió el balance autonómico, a través del cociente baja frecuencia/alta frecuencia, en reposo e inmediatamente posterior al entrenamiento. Los resultados fueron un aumento significativo en la respuesta del balance autonómico del cociente baja frecuencia / alta frecuencia, posterior al entrenamiento. Asimismo, una disminución significativa de la potencia de la banda de alta frecuencia durante la recuperación, que puede implicar aumento de la actividad de la respuesta parasimpática. Estos cambios podrían ayudar al control y diseño de programas de entrenamiento de forma individualizada para el ciclismo de ruta, además de ser una herramienta económica y no invasiva (Rosales-Soto *et al.* 2016).

Con relación a los procedimientos para evaluar la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC–HRV) en deportes de resistencia, se conocen los métodos de dominio tiempo y dominio frecuencia, unidades de medida, tanto para uso clínico como para interpretación fisiológica, establecidos en 1996, por la Task Force (American Heart Association Inc. & European Society of Cardiology, 1996). Cabe aclarar, que estas medidas se toman de las ondas de un electrocardiograma (ECG), por medio de una serie de electrodos, que se ubican en el pecho de

los deportistas y que permiten medir la actividad eléctrica del corazón, para registrar sus impulsos eléctricos y determinar su funcionamiento (Wilmore & Costill, 2001). Además, estas fluctuaciones están condicionadas por los procesos respiratorios (inspiración y espiración) y mediadas por el sistema simpático y parasimpático; igualmente la variabilidad de la frecuencia cardíaca es valorada por las mediciones del intervalo R-R. “El intervalo R-R es la distancia entre dos ondas R sucesivas en el ritmo sinusal, este intervalo debe ser constante. El intervalo R-R se mide desde el inicio de una onda R hasta el inicio de la onda R siguiente y su duración depende de la frecuencia cardíaca” (My-ekg, 2020).

Respecto a lo mencionado, los métodos de dominio tiempo, se basan en las diferentes variables, que pueden ser obtenidas dependiendo de los intervalos R-R o desde la diferencia entre dichos intervalos; tomando las medidas de los intervalos, se pueden obtener variables, como el promedio R-R (ms), medida de los intervalos R-R. Este dato, se obtiene dividiendo la sumatoria de todos los intervalos entre el total de intervalos. SDNN (ms) es la desviación estándar entre intervalos R-R; esta variable muestra la variación en cortos y largos periodos, en cuanto a la variación en los intervalos R-R (HRV) (Ortiz & Mendoza, 2008). Por otro lado, los índices asociados con la actividad parasimpática en el método de dominio tiempo en cuanto a las variables derivadas de los intervalos R-R, se encuentra la variable RMSSD(ms), que es la raíz cuadrada del valor medio de las sumas de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos; PNN50 (%) es el porcentaje del total de los intervalos RR consecutivos, que discrepan en más de 50 milisegundos entre sí; STD RR es la desviación estándar de todos los intervalos R-R normal, reflejando la variabilidad (Tabla 1).

Tabla 1. Índices y unidades de medida dominio tiempo de la VFC.

Índices dominio tiempo	Definición	Indicador
RMSSD (ms):	Desviación estándar de todos los intervalos R-R normales.	Actividad simpática.
PNN50 (%):	Porcentaje del total de los intervalos R-R consecutivos que discrepan en más de milisegundos entre sí.	Actividad parasimpática.
ST RR (ms):	Desviación estándar de todos los intervalos R-R normales.	Variabilidad Total.

Fuente: Tomada de (Porras & Bernal, 2019) con el permiso respectivo de los autores.

Por otra parte, las medidas que evalúan la actividad parasimpática en el método de dominio frecuencia utilizan los mismos datos arrojados por el (ECG); analizan la actividad parasimpática, en el método de dominio frecuencia, con altas frecuencias, expresadas en hercios HF - Alta frecuencia. La actividad parasimpática es un indicador de la recuperación o intensidad del entrenamiento, asociado a un buen rendimiento. Además, los índices que evalúan la actividad simpática, en el método de dominio frecuencia, son las bajas frecuencias LF-baja frecuencia, aunque este índice refleja, también, la actividad simpática, como simpática; asimismo,

la relación de bajas y altas frecuencias (LF/HF) son indicativos de mala adaptación a las cargas de entrenamiento, si su valor es elevado, cuando se evalúa en reposo y recuperación, reflejando el equilibrio autonómico; más aún, las muy bajas frecuencias VLF varían, de acuerdo con el protocolo utilizado durante la evaluación; se debe considerar realizar la evaluación en similares condiciones, antes, durante o en la recuperación del entrenamiento; en posición sentado, decúbito o de pie; la duración mínima de registro de los datos debe ser de 5 minutos (Porras & Bernal, 2019) (Tabla 2).

Tabla 2. Índices y unidades de medida dominio frecuencia de la VFC.

Índices dominio frecuencia	Definición	Indicador
VLF (0.0-0.4 HZ): PEAK (HZ); POWER (ms ²) POWER (%); POWER (N.U):	Muy bajas frecuencias.	No indicador del SNA.
LF (0.04 – 0.15 HZ): PEAK (Hz); POWER (ms ²) POWER (%); POWER (N.U):	Bajas frecuencias.	Actividad simpática y parasimpática.
HF (0.15 – 0.4 HZ): PEAK (Hz); POWER (ms ²) POWER (%); POWER (N.U):	Altas frecuencias.	Actividad parasimpática.
LF/HF.POWER (ms ²):	Relación bajas - altas frecuencias.	Balance autonómico y actividad simpática.

Fuente: tomada de (Porras & Bernal, 2019) con el permiso respectivo de los autores.

El objetivo de este artículo de revisión es analizar las conclusiones y los protocolos de evaluación utilizados para controlar y evaluar el entrenamiento y la competición en deportistas de resistencia, mediante los métodos de dominio de tiempo y dominio de frecuencia. La búsqueda, se realizó en las bases de datos Scielo, DialNet y el buscador de Google Académico, utilizando las palabras clave variabilidad de la frecuencia cardíaca y deportes de resistencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios de este artículo de revisión sobre la variabilidad de la frecuencia cardíaca VFC-HRV y su evaluación en deportes de resistencia, se realizaron en las bases de datos Scielo, DialNet y el buscador de Google Académico, utilizando las palabras clave variabilidad de la frecuencia cardíaca - heart rate variability y deportes de resistencia; se realizó la

lectura del título de 506 estudios relacionados con las palabras clave, se descartaron 381 estudios; una vez leído el título, se realizó la lectura del resumen de 125, seleccionando 50 estudios para su respectivo análisis. Los criterios utilizados para escoger estos artículos fueron que los protocolos de la evaluación de la VFC fueran realizados por los métodos de dominio de tiempo y dominio de frecuencia y en atletas de deportes de resistencia, de nivel amateur y profesional.

RESULTADOS

La evaluación de la VFC-HRV en el índice unidades de dominio tiempo RMSSD Y STD – SDNN y dominio frecuencia VLF, LF, HF, LF/HF, en deportistas de resistencia, es indicadora de los mecanismos de adaptación autónoma cardiovascular del corazón en atletas; por consiguiente, los parámetros a largo

plazo de dominio tiempo y dominio frecuencia de la variabilidad de la frecuencia cardíaca son más altos en deportistas, en comparación con las personas que no practican algún deporte. Además, los controles varían según la modalidad deportiva con respecto al papel del sistema autónomo en la adaptación deportiva (Kiss *et al.* 2016). Por otra parte, el análisis del dominio tiempo RMSSD de la frecuencia cardíaca, se puede utilizar como una herramienta para planificar estratégicamente el esfuerzo de los deportistas que participan en competencias de un día o varias etapas, como el ciclismo (Barrero *et al.* 2019).

Las respuestas de la VFC son similares entre los ciclistas y los triatletas, por su consumo máximo de oxígeno y sus frecuencias en reposo (Arslan & Aras, 2016), más aún, que la HRV está directamente relacionada con el volumen y la intensidad del ejercicio, ya que los atletas que mostraron el mayor esfuerzo físico acumulativo, presentaron una mayor disminución en

la variabilidad de la frecuencia cardíaca (Earnest *et al.* 2003). El análisis de la VFC es un buen marcador del estado de salud y puede ayudar a diagnosticar rápidamente y con facilidad los estados de estrés y fatiga, sobre-entrenamiento y agotamiento en los deportistas de resistencia (Capdevila *et al.* 2008); otro rasgo de los resultados de los estudios muestra que las carreras de fondo (ultra-maratón) conducen a un aumento en la actividad simpática y, por lo tanto, a un aumento en la frecuencia cardíaca y una disminución en la HRV; además, pueden ser un parámetro adecuado para evaluar la recuperación completa, después de una competencia.

En cuanto a las mediciones en tiempo y frecuencia de la VFC, cinco minutos en posición supina, parecen ser una forma útil de monitorizar el estado de equilibrio parasimpático en los deportistas, antes de abordar las secciones de entrenamiento o una competición (Nieto *et al.* 2020) (Tablas 3 y 4).

Tabla 3. Estudios relacionados con los índices y unidades de medida dominio tiempo de la VFC, RMSSD (ms) (ln), STD -SDNN RR (ms).

Estudio	Deporte y nº deportistas	Tiempo de evaluación de VFC-HRV	Conclusión
(Esco & Flatt, 2014)	Atletas (23 atletas).	Descanso postejercicio. Min 25-30. Seg10, 30, 60 recuperación supina.	La duración de la medición a muy corto plazo disminuyó de 60 segundos a 10 segundos; 60 segundos parece ser un tiempo de grabación aceptable para la recopilación de datos de lnRMSSD en atletas universitarios.
(Kiss <i>et al.</i> 2016)	Atletas (138 atletas).	Postejercicio corto y largo plazo.	Los parámetros a largo plazo en el dominio del tiempo de la VFC son más altos en los atletas en comparación con los controles, y varían según la modalidad deportiva.
(Toufan <i>et al.</i> 2012)	Atletas (100 atletas).	Después de 30 minutos de descanso, 15 min posición supina.	La medición de frecuencia ultrabaja requiere más tiempo de grabación, además que los atletas iraníes no mostraron diferencias en los parámetros de HRV.
(Sookan & Mckune, 2012)	Atletas (44 atletas).	4 días consecutivos, 5 min en reposo.	Las grabaciones a corto plazo de HRV durante tres días consecutivos demostraron una alta fiabilidad relativa. Se demostró que las mujeres tenían un índice del sistema parasimpático más alto.

(Scorcine <i>et al.</i> 2019)	Nadadores (100).	10 min decúbito supino.	Fue posible presentar una tabla de clasificación que muestra índices de baja y alta variabilidad, los cuales pueden usarse para la evaluación de principiantes en programas de entrenamiento de natación.
(Barrero <i>et al.</i> 2019)	Ciclismo (10 ciclistas).	Durante el Tour de France de 2017 (21 etapas) Reposo. 7 min decúbito supino y pie vertical.	La recuperación incompleta del día a día y la fatiga, no es acumulativa ni aumenta con cada etapa sucesiva y su carga física. Solo una semana es suficiente para restaurar la línea de base valores. La frecuencia cardíaca y la VFC se pueden usar como una herramienta para planificar estratégicamente el esfuerzo.
(Arslan & Aras, 2016)	Triatletas (8 triatletas) Ciclistas (6 ciclistas).	Grabaciones decúbito supino, reposo durante 6-7 min., de un total de 15 min.	Las respuestas de la variabilidad de la frecuencia cardíaca fueron similares entre los triatletas y ciclistas, además los triatletas tienen un mayor consumo de máximo de oxígeno que los ciclistas, y una frecuencia cardíaca en reposo más baja.
(Borges <i>et al.</i> 2017)	Ciclismo (8 ciclistas).	Segmentos de 5 min decúbito supino, reposo recuperación 5 a 30 min.	Los ciclistas maestros demostraron una mayor reactivación parasimpática posterior al ejercicio en comparación con los ciclistas jóvenes, lo que indica que el entrenamiento físico en edades más avanzadas tiene efectos significativos sobre la función autónoma.
(Saboul <i>et al.</i> 2013)	Corredores 10 corredores.	Respiraciones controladas. 7.5 resp/min, durante 5 minutos respiración espontánea.	Los índices espectrales de HRV están fuertemente mediados por la respiración, especialmente en los atletas.
(Abad <i>et al.</i> 2014)	Atletismo (20 atletas).	Respiraciones espontáneas. Decúbito supino.	Se demostró que el tipo de análisis utilizado para evaluar la modulación autónoma cardíaca puede interferir con la interpretación de los resultados y debe elegirse con precaución.

(Molina <i>et al.</i> 2013)	Ciclismo (12 ciclomontañistas élite, 11 no entrenados).	Posición supina y test ortostático.	Frecuencia cardíaca más baja y mayor rendimiento cardiopulmonar en los atletas en comparación, con los del control. variación más baja e índices de potencia absoluta de baja frecuencia, ambos en posición supina.
(Bonaduce <i>et al.</i> 1998)	Ciclismo (15 ciclistas).	Ciclistas que compiten en un equipo italiano. Grabaciones durante tiempo de carrera 24-h Hoter.	Un aumento del control vagal cardíaco es detectable en atletas entrenados; sin embargo, después del entrenamiento intensivo, a pesar de una disminución significativa en la frecuencia cardíaca, el tiempo y la frecuencia de las medidas de variabilidad de la frecuencia cardíaca que reflejan el control vagal cardíaco permanecen sin cambios.
(Earnest <i>et al.</i> 2003)	Ciclismo (8 ciclistas).	Vuelta a España 2001, posición supina en la mañana al despertarse.	La HRV están directamente relacionados con el volumen y la intensidad del ejercicio, ya que los atletas que mostraron el mayor esfuerzo físico acumulativo también mostraron la mayor disminución en la HRV supina.
(Pluim <i>et al.</i> 1999)	Ciclismo (12 ciclistas) (10 sujetos control).	Evaluación en las horas de la mañana después de dormir 6 horas.	Los ciclistas altamente entrenados han aumentado los índices de variabilidad de la frecuencia cardíaca, lo que refleja un mayor control vagal cardíaco en comparación con los sujetos de control.
(Palak <i>et al.</i> 2013)	Natación (10 nadadores) (5 hombres) (5 mujeres) (31 sujetos control).	Respiraciones espontáneas. 6 resp/min.	La prueba de DB utilizada en el estudio parece adecuada para la evaluación indirecta de la dinámica de los cambios en el ANS de atletas profesionales y personas que no practican ninguna disciplina deportiva.
(Aubert <i>et al.</i> 2001)	(10 Atletas).	Decúbito supino, respiraciones espontáneas.	Los atletas aeróbicos tenían evidencia de una mayor actividad vagal en el dominio del tiempo en comparación con los sujetos de control aumento de RMSSD.

(Marocolo <i>et al.</i> 2007)	(18 Atletas).	Posición supina, respiraciones espontáneas.	Tanto los parámetros de HRV como el contenido eléctrico de alta frecuencia de la activación ventricular evaluada durante las condiciones de reposo aumentaron en los corredores de larga distancia, además predijeron con precisión la potencia aeróbica máxima.
(Nakamura <i>et al.</i> 2015)	Fútbol sala (24 futbolista).	Antes y después de tres o cuatro semanas de entrenamiento de pretemporada 1 a 5 minutos.	Los resultados revelan que lnRMSSD determinado en períodos cortos de 1 minuto, luego de solo 1 minuto de estabilización, es sensible a los cambios inducidos por el entrenamiento en jugadores de fútbol sala.
(Schäfer <i>et al.</i> 2015)	(16 esquiadores).	15 Resp/min decúbito supino después de un desafío ortostático.	Los atletas masculinos mostraron marcadores constantemente más altos de activación simpática después de un desafío ortostático, predominio simpático, para una cantidad comparable de entrenamiento.
(Olivera-Silva <i>et al.</i> 2018)	(12 ciclistas).	Recuperación 5-10 min después de entrenamiento por intervalos de alta intensidad.	Aumento en SDNN, lo que refleja un aumento en el control autónomo simpático. Correlaciones entre la aptitud física con algunos parámetros autónomos.
(Capdevila <i>et al.</i> 2008)	(32 sujetos sanos).	Sección de 15 – 20 min durante una semana, nivel bajo y alto en reposo, posición supina 2 a 5 minutos.	La VFC es un buen marcador del estado de salud y puede ayudar a diagnosticar rápidamente y con facilidad (en reposo, de forma no invasiva) estados de estrés (burnout, fatiga, sobreentrenamiento, agotamiento o ansiedad) en la población general y especialmente en deportistas de alto rendimiento.
(Danieli <i>et al.</i> 2014)	(20 atletas).	En reposo antes del ejercicio y después. Posición supina 30 seg. 1-2 minutos.	El ejercicio sub-máximo está relacionado con la modulación parasimpática en reposo en los sujetos de mediana edad. Además, sugirieron un rango óptimo de HRV para la HRR máxima después del ejercicio; las asociaciones de LF, HF, HF.nu y RMSSD fueron positivas.

(Garrido <i>et al.</i> 2009)	Bádminton (11 jugadores).	Toma basal durante los 4 partidos en posición supina, 20 minutos.	El desequilibrio autónomo, observado durante el cúmulo de cargas en un corto periodo de tiempo, se debe a una reducción de la actividad parasimpática. Todo ello, podría tener importancia en la utilización de la VFC como indicador de fatiga acumulada en los deportistas.
(Nieto <i>et al.</i> 2020)	Triatlón (1 atleta).	7 meses, registros diarios durante 195 días a las 06:00 a.m. 7 mesociclos, posición supina durante 5 minutos.	Las mediciones de VFC de cinco minutos al despertar parecen ser una forma útil de monitorizar el estado de equilibrio parasimpático en un triatleta antes de abordar las sesiones de entrenamiento. El análisis de esta monitorización serviría para detectar precozmente posibles estados de fatiga y para poder modificar, en caso necesario, la planificación de las cargas de entrenamiento en la preparación para una competición de Ironman.
(Barbosa, 2020)	Natación (7 nadadores).	3 meses, tres microciclos, nadadores. Selección Colombia. Antes de la primera sección de entrenamiento, diariamente. durante 5 minutos.	El microciclo de la potencia aeróbica presentó indicadores de aumento de la actividad simpática en comparación con otros microciclos anaeróbicos lácticos. Además, se observó un aumento absoluto de la actividad vagal en el ciclo anaeróbico láctico, mientras que el ciclo anaeróbico aláctico mostró una disminución en la actividad vagal, en comparación con el láctico.
(Bentley <i>et al.</i> 2020)	36 deportistas (ciclistas y triatlonistas).	Prueba máxima de 8 a 12 minutos cinta, de correr hasta el agotamiento. 30 segundos después del ejercicio.	Los deportistas realizan aproximadamente un 300% más de la cantidad recomendada de actividad física vigorosa semanal; tienen índices elevados de modulación parasimpática tanto en reposo como de forma aguda después del ejercicio máximo, lo que facilita la reactivación vagal, después del ejercicio que está muy relacionado con la FC en reposo.
(Schrieber <i>et al.</i> 2020)	Ultra-maratón (28 corredores).	100 millas (ECG) antes, 24 horas durante siete días.	Aumento, en la actividad simpática, frecuencia cardíaca y una disminución en la HRV. Además, la HRV parece ser un parámetro más adecuado para evaluar la recuperación completa después de una carrera de 100 millas.

Tabla 4. Estudios relacionados con los índices y unidades de medida dominio frecuencia de la VFC, VLF, LF, HF, LF/HF.

Estudio	Deporte y n° deportistas	Tiempo de evaluación de VFC-HRV	Conclusión
(Schmitt <i>et al.</i> 2013)	Esquiadores (57 esquiadores)	4 años, posición supina- (SU). De pie (ST).	El HRV se puede utilizar como medida de fatiga y no fatiga de los deportistas, además el HRV fue significativamente menor en 'fatiga' frente a 'no fatiga', pero se acompañó de una mayor variación intraindividual de los parámetros de HRV en 'fatiga'.
(Toufan <i>et al.</i> 2012)	Atletas (100 atletas)	Después de 30 min de descanso. 3 grupos, 15 min posición supina.	La medición de frecuencia ultrabaja requiere más tiempo de grabación, además los atletas iraníes no mostraron diferencias en los parámetros de HRV, excluyendo la frecuencia cardíaca y la presión arterial sistólica, en comparación con el grupo de control.
(Leti & Bricout, 2012)	Corredores (10 atletas)	12 semanas después de un período de descanso, entrenamiento, competencia, descanso.	Después del entrenamiento, la modulación ANS cambia hacia un predominio simpático para hacer frente a las consecuencias del ejercicio y permite que el cuerpo recupere un estado homeostático. Por lo tanto, la VFC puede ser un método confiable para evaluar los cambios en el SNA que ocurren con el entrenamiento.
(Sookan & Mckune, 2012)	Atletas (44 atletas) (21 hombres) (23 mujeres)	4 días consecutivos, 5 minutos en reposo.	Las grabaciones a corto plazo de HRV durante tres días consecutivos demostraron una alta fiabilidad relativa. Sin embargo, una baja fiabilidad absoluta indicó una gran variación aleatoria diaria en HRV, lo que dificultaría la detección de los efectos de intervención usando HRV en participantes individuales. Se demostró que las mujeres tenían un parasimpático más alto.

<p>(Scorcine <i>et al.</i> 2019)</p>	<p>Natación (100) (70 hombres) (30 mujeres)</p>	<p>10 min en posición decúbito supino.</p>	<p>No hubo diferencias estadísticas entre h y m de la HRV. Fue posible presentar una tabla de clasificación que muestra índices de baja variabilidad y alta variabilidad, que pueden usarse para la evaluación de principiantes en programas de entrenamiento de natación.</p>
<p>(Barrero <i>et al.</i> 2019)</p>	<p>Ciclismo (10 ciclistas mujeres)</p>	<p>Durante el Tour de France de 2017, posición supina y en reposo, de pie vertical supino.</p>	<p>La recuperación incompleta del día a día y la fatiga, no son acumulativas ni aumentan con cada etapa sucesiva y su carga física. Solo una semana es suficiente para restaurar la línea de base valores. La frecuencia cardíaca y la VFC se pueden usar como una herramienta para planificar estratégicamente el esfuerzo.</p>
<p>(Arslan & Aras, 2016)</p>	<p>Triatletas (8 triatletas) Ciclismo (6 ciclistas)</p>	<p>Grabaciones decúbito supino en reposo durante 6 a 15 minutos.</p>	<p>Las respuestas de variabilidad de la frecuencia cardíaca fueron similares entre los triatletas y ciclistas, además los triatletas tenían un consumo máximo de oxígeno más alto y frecuencias cardíacas en reposo.</p>
<p>(Borges <i>et al.</i> 2017)</p>	<p>Ciclismo (8 ciclistas)</p>	<p>Durante segmentos de 5 minutos, decúbito supino 5 min reposo, recuperación de 5 a 30 minutos.</p>	<p>Los índices de HRV demostraron un parasimpático más fuerte en la reactivación en ciclistas maestros en comparación con ciclistas jóvenes durante la recuperación.</p>
<p>(Mertová <i>et al.</i> 2017):</p>	<p>Maratón (10 skyrunners varones)</p>	<p>Antes y después del maratón decúbito supino en la mañana durante 12 minutos.</p>	<p>El Sky-Marathon provocó disturbios en la actividad de SNA; de los deportistas con una relativa actividad simpática aumentada hasta 5 horas después de la carrera y la actividad vagal se recuperaron en 30 h. Frecuencia cardíaca en reposo, masa corporal índice, salida de potencia máxima y consumo máximo de oxígeno se asociaron con la predicción del rendimiento de SkyMarathon.</p>

(Saboul <i>et al.</i> 2013)	Corredores 10 corredores	Durante 21 días seguidos respiraciones controladas. 7.5 resp/min, durante 5 minutos respiración espontánea.	Los índices espectrales de HRV están fuertemente mediados por la respiración, especialmente en los atletas. Se sugirió usar marcadores RMSSD o SD1 para realizar un monitoreo longitudinal y confiable de HRV relevante para evitar el sobre-entrenamiento.
(Wang <i>et al.</i> 2018)	Boxeo (16 boxeadores)	8 semanas, 4 semanas de entrenamiento intenso pres. 4 semanas de entrenamiento intenso post.	La LF y la LF / HF cambiaron significativamente cuando en los atletas de boxeo apareció fatiga deportiva, lo que sugiere, que el sistema nervioso simpático tenía una mayor actividad y mayor tensión, el desequilibrio entre el sistema simpático y parasimpático, tiende a predominar en la actividad simpática. LF y LF / HF son indicadores sensibles de HRV para controlar la fatiga deportiva en los atletas de boxeo.
(Abad <i>et al.</i> 2014)	Atletismo (20 atletas)	Respiraciones espontáneas, decúbito supino 5 minutos.	Los datos sugieren una mayor modulación parasimpática y menos modulación simpática en los atletas de resistencia.
(Molina <i>et al.</i> 2013)	Ciclismo (12 ciclo- montañistas élite) (11 no entrenados)	Posición supina y test ortostático.	Los atletas tenían una frecuencia cardíaca más baja y mayor rendimiento cardiopulmonar que los controles. No se encontraron diferencias estadísticas en la variabilidad de la frecuencia cardíaca en el grupo de atletas, excepto por la tendencia a tener coeficientes de variación más bajos e índices de potencia absoluta de baja frecuencia, ambos en posición supina.
(Bonaduce <i>et al.</i> 1998)	Ciclismo (15 ciclistas)	Grabaciones durante tiempo de carrera 24-h Hoter.	El control vagal cardíaco es detectable en atletas entrenados. Sin embargo, después del entrenamiento intensivo, a pesar de una disminución significativa en la frecuencia cardíaca, el tiempo y la frecuencia de las medidas de variabilidad de la frecuencia cardíaca, que reflejan el control vagal cardíaco permanecen sin cambios.

(Earnest <i>et al.</i> 2003)	Ciclismo (8 ciclistas)	Vuelta España 2001. Reposo en posición supina.	La HRV están directamente relacionados con el volumen y la intensidad del ejercicio, debido a que, los atletas que mostraron el mayor esfuerzo físico acumulativo, también mostraron la mayor disminución en la HRV supina.
(Pluim <i>et al.</i> 1999)	Ciclismo (12 ciclistas) (10 sujetos control)	Evaluado en las horas de la mañana y después de dormir 6 horas.	Los ciclistas altamente entrenados han aumentado los índices de variabilidad de la frecuencia cardíaca, lo que refleja un mayor control vagal cardíaco, en comparación con los sujetos de control.
(Palak <i>et al.</i> 2013)	Natación (10 nadadores) (5 hombres) (5 mujeres) (31 sujetos control)	Respiraciones espontáneas. 6 resp/ minutos.	La prueba de DB utilizada en el estudio, parece adecuada para la evaluación indirecta de la dinámica de los cambios en el ANS, de atletas profesionales y personas que no practican ninguna disciplina deportiva, y que se caracterizan por niveles moderados de actividad física.
(Pichón <i>et al.</i> 2004)	(14 atletas).	Absorción máxima de oxígeno, estudio de 4 días Rest, 60%, 70%, 80%, en 3, 6, 9 minutos.	Los resultados de este estudio utilizando STFT indican una influencia importante de la ventilación y de los mecanismos no autónomos en los componentes de HF y LF de HRV.
(Schäfer <i>et al.</i> 2015)	(16 esquiadores)	15 resp/min controladas por metrónomo smarphon de cúbito, periodos preparatorios y competición.	Los atletas masculinos mostraron marcadores constantemente más altos de activación simpática después de un desafío ortostático. Además, estos resultados aportan evidencia adicional sobre el papel del predominio simpático, para una cantidad comparable de entrenamiento.

(Olivera-Silva <i>et al.</i> 2018)	(12 ciclistas)	Recuperación 5-10 min después del entrenamiento por intervalos de alta intensidad.	La competición es una situación estresante capaz de alterar los parámetros autónomos y hemodinámicos de los ciclistas. Además, se observó, un aumento en SDNN, lo que refleja un incremento en el control autónomo simpático. Hubo correlaciones entre la aptitud física con algunos parámetros autónomos, mientras que, la ansiedad se correlacionó con los años de experiencia en la competencia.
(Cervantes <i>et al.</i> 2009)	10 nadadores (6 mujeres) (4 hombres)	Periodo precompetitivo y competitivo. Posición supina 5 minutos.	El análisis de la VFC de corta duración (5 min) es una técnica que complementa la evaluación del estado emocional a partir de indicadores fisiológicos. Los resultados indican que, siguiendo la rutina precompetitiva de los nadadores, se puede evaluar de manera rápida y no invasiva su estado precompetitivo. Este método puede posibilitar la predicción del rendimiento de los nadadores en la prueba de 50 metros, a su vez (HF) relacionado con la actividad vagal; por otro lado, un incremento en los valores de los parámetros, de la VFC están relacionados con la actividad simpática (LF).
(Michael <i>et al.</i> 2016)	(12 sujetos sanos)	Intensidad baja, media y alta de la FC de reserva.	Los pocos minutos iniciales de recuperación, después del ejercicio, son potencialmente, período útil para investigar la actividad autónoma, debido a que, se puede diferenciar entre diversos niveles de actividad autonómica utilizando HRV.
(Capdevila <i>et al.</i> 2008)	(32 sujetos sanos)	Sección de 15 a 20 min durante una semana, nivel bajo y alto en reposo, posición supina 2 a 5 minutos.	Los resultados del estudio confirman que el análisis de la VFC es un buen marcador del estado de salud y puede ayudar a diagnosticar rápidamente y con facilidad (en reposo, de forma no invasiva) estados de estrés (burnout, fatiga, sobreentrenamiento, agotamiento o ansiedad) en la población general y, especialmente, en deportistas de alto rendimiento.

<p>(Guzii & Romanchuk, 2017)</p>	<p>Waterpolo (32 atletas).</p>	<p>3 años, 5 minutos antes del entrenamiento. Postejercicio, relajación. Sentados, 5 minutos después del entrenamiento.</p>	<p>Se encontró un vínculo entre la intensidad de las cargas de entrenamiento y la relación de la actividad de las ramas simpáticas y parasimpáticas del SNA. Las características mencionadas de los cambios en la variabilidad de la frecuencia cardíaca, en el rango de alta frecuencia, después del entrenamiento, tienen determinantes bastante precisos en la fijación hemodinámica de un atleta, que, a su vez, se puede utilizar para predecir, y evaluar adecuadamente, el estado del atleta en el período de recuperación después de la competencia.</p>
<p>(Danieli <i>et al.</i> 2014)</p>	<p>(20 atletas).</p>	<p>Posición supina 30 segundos, 1 a 2 minutos.</p>	<p>El ejercicio sub-máximo está relacionado con la modulación parasimpática en reposo, en los sujetos de mediana edad. Las asociaciones de LF, HF, HF.nu y RMSSD fueron positivas. Las asociaciones con LF /HF fueron negativas para valores pequeños y positivas para valores mayores, mientras que, las asociaciones con SDNN fueron positivas para valores pequeños y negativas para valores mayores.</p>
<p>(Barbosa, 2020)</p>	<p>Natación (7 nadadores).</p>	<p>Secciones de entrenamiento diariamente.</p>	<p>Se observó, un aumento absoluto de la actividad vagal, en el ciclo anaeróbico láctico, mientras que, el ciclo anaeróbico aláctico mostró una disminución en la actividad vagal, en comparación con el láctico.</p>
<p>(Bentley <i>et al.</i> 2020)</p>	<p>36 deportistas (ciclistas y triatlonistas).</p>	<p>30 segundos después del ejercicio.</p>	<p>La actividad física vigorosa semanal tiene índices elevados de modulación parasimpática, tanto en reposo como de forma aguda, después del ejercicio máximo, lo que facilita la reactivación vagal, después del ejercicio que está muy relacionado con la FC en reposo.</p>

DISCUSIÓN

Con relación a las asociaciones de LF, HF, HF.nu y RMSSD fueron positivas. Las asociaciones con LF/HF fueron negativas, para valores pequeños y positivas, para valores mayores, mientras que las asociaciones con SDNN fueron positivas, para valores pequeños y negativas, para valores mayores (Danieli *et al.* 2014). A su vez, HF está relacionado con la actividad vagal, además, un incremento de los valores de los parámetros de la VFC, se encuentra relacionado con la actividad simpática (LF) en los deportistas de resistencia; por otro lado, la medición de la frecuencia cardíaca ultrabaja requiere más tiempo de grabación (Toufan *et al.* 2012). A su vez, la recuperación incompleta del día a día y la fatiga en los deportes de resistencia, no es acumulativa ni aumenta con cada etapa, solo una semana es suficiente para restaurar la línea de base de los valores, planificando estratégicamente el esfuerzo (Barrero *et al.* 2019).

Por otra parte, es conveniente utilizar tablas de clasificación, que muestren los índices de baja y alta variabilidad, para su respectiva evaluación, en programas de entrenamiento para deportistas principiantes, en deportes, como la natación (Scorcine *et al.* 2019). Además, cabe mencionar que las respuestas de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, en algunos deportes de resistencia, son similares y en otros pueden cambiar. En triatletas y ciclistas existe esta relación; sin embargo, los triatletas tienen un mayor consumo máximo de oxígeno que los ciclistas y una frecuencia cardíaca en reposo más baja (Arslan & Aras, 2016). Se debe mencionar, además, que los ciclistas altamente entrenados, aumentan sus índices de variabilidad de frecuencia cardíaca, reflejando un mayor control vagal cardíaco (Pluim *et al.* 1999). De esta forma, los índices de modulación cardiovascular autónoma en ciclistas y en algunos otros deportes de resistencia varían, dependiendo la edad, ejemplo, maestros y jóvenes, en donde se presenta una mayor reactivación parasimpática posterior al ejercicio en comparación con los ciclistas jóvenes, indicando que el entrenamiento físico, en edades más avanzadas, tiene efectos significativos sobre la función autónoma (Borges *et al.* 2017).

En cuanto al estrés en la competición, se evidencia una alteración en los parámetros autónomos y hemodinámicos de los deportistas, además, se observa un aumento en SDNN, lo que refleja un incremento en el control autónomo simpático,

indicando una correlación entre la aptitud física con algunos parámetros autónomos (Olivera-Silva *et al.* 2018).

CONCLUSIÓN

La evaluación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) es un indicador de los mecanismos de adaptación autónoma cardiovascular del corazón en los deportistas de resistencia, además, está directamente relacionada con el volumen y la intensidad del ejercicio, para su respectiva planificación en los deportes de resistencia; a su vez, es un marcador del estado de salud y puede ayudar a diagnosticar rápidamente, de una manera no invasiva y con facilidad, los estados de fatiga, sobreentrenamiento y agotamiento de los deportistas. En cuanto a la evaluación, en tiempo minutos en posición supina, parece ser una forma útil de monitorizar el estado de equilibrio parasimpático en los deportistas, antes y después de abordar alguna sección de entrenamiento o alguna competición. Además, es conveniente utilizar tablas de clasificación para cada deportista, mostrando sus índices de baja y alta variabilidad, para una mayor comprensión.

Con respecto a la medición de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, cinco minutos al despertar, parecen ser una forma útil de monitorizar el estado de equilibrio parasimpático de los atletas, antes de abordar una sesión de entrenamiento o competición; por otra parte, al momento de iniciar la recuperación, después del ejercicio, sería un periodo igualmente útil para investigar la actividad autónoma, debido a que se pueden diferenciar diversos niveles de actividad autonómica.

REFERENCIAS

1. ABAD, C.; DO NASCIMENTO, A.; GIL, S.; KOBAL, R.; LOTURCO, I.; NAKAMURA, F.; MOSTARDA, C.; IRIGOYEN, M. 2014. Cardiac Autonomic Control in High Level Brazilian Power and Endurance Track-and-Field Athletes. *Int J Sports Med.* 35(9):772-778. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1363268>
2. ALLEN, H.; COGGAN, A. 2010. Entrenar y correr con potenciómetro. Editorial Paidotribo (Badalona, España). 443p.
3. AMERICAN HEART ASSOCIATION INC.; EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY. 1996. Heart

- rate variability Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*. 17:354–381
4. ARSLAN, E.; ARAS, D. 2016. Comparison of body composition, heart rate variability, aerobic and anaerobic performance between competitive cyclists and triathletes. *Journal of Physical Therapy Science*. 28(4):1325-1329. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.1325>
 5. AUBERT, A.; BECKERS, F.; RAMAEKERS, D. 2001. Short-term Heart Rate Variability in Young Athletes. *J Cardiol* 37(1):85-88.
 6. BARBOSA, A. 2020. Respuesta Autónoma y su incidencia con el Indicador de Aptitud Física, Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca y el VO2 Maxen Nadadores Jóvenes Sanos. *Revista Científica "Conecta Libertad"*. 4(1):60-74.
 7. BARRERO, A.; SCHNELL, F.; CARRAULT, G.; KERVIO, G.; MATELOT, D.; CARRE, F.; LE DOUAIRON, S. 2019. Daily fatigue-recovery balance monitoring with heart rate variability in well-trained female cyclists on the Tour de France circuit. *PLoS ONE*. 14(3):e0213472. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213472>
 8. BENTLEY, R.; VECCHIARELLI, E.; BANKS, L.; GONÇALVES, P.; THOMAS, S.; GOODMAN, J. 2020. Heart rate variability and recovery following maximal exercise in endurance athletes and physically-active individuals. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 45(10):1138-1144. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0154>
 9. BOMPA, T. 2016. *Periodización del Entrenamiento Deportivo*. 4.ª Edición. Editorial Paidotribo (Badalona, España). 209p.
 10. BONADUCE, D.; PETRETTA, M.; CAVALLARO, V.; APICELLA, C.; IANNICIELLO, A.; ROMANO, M.; BREGLIO, R.; MARCIANO, F. 1998. Intensive training and cardiac autonomic control in high level athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 30(5):691-696.
 11. BORGES, N.; REABURN, P.; DOERING, T.; ARGUS, C.; DRILLER, M. 2017. Autonomic cardiovascular modulation in masters and young cyclists following high-intensity interval training. *Clin Auton Res*. 27:83–90. <https://doi.org/10.1007/s10286-017-0398-6>
 12. CAPDEVILA, L.; RODAS, G.; OCAÑA, M.; PARRADO, E.; PINTANEL, M.; VALERO, M. 2008. Variabilidad de la frecuencia cardíaca como indicador de salud en el deporte: validación con un cuestionario de calidad de vida (SF-12). *Apunts. Medicina de l'Esport*. 43(158):62-69. [https://doi.org/10.1016/S1886-6581\(08\)70073-2](https://doi.org/10.1016/S1886-6581(08)70073-2)
 13. CASAS, H.; LEGUÍZAMO, J.; CARO, W.; AGUDELO, C. 2017. Perfil de potencia de un equipo profesional de ciclistas ruterros. *Revista de Educación Física*. 6(4):160-170.
 14. CERVANTES, J.; RODAS, G.; CAPDEVILA, L. 2009. Perfil Psicofisiológico de Rendimiento en Nadadores Basado en la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca y en Estados de Ansiedad Precompetitiva. *Revista de Psicología del Deporte*. 18(1):37-52.
 15. DANIELI, A.; LUSA, L.; POTOČNIK, N.; MEGLIČ, B.; GRAD, A.; BAJROVIĆ, F. 2014. Resting heart rate variability and heart rate recovery after submaximal exercise. *Clinical Autonomic Research*. 24:53–61. <https://doi.org/10.1007/s10286-014-0225-2>
 16. EARNEST, C.; JURCA, R.; CHURCH, T.; CHICHARRO, J.; HOYOS, J.; LUCÍA, A. 2003. Relation between physical exertion and heart rate variability characteristics in professional cyclists during the Tour of Spain. *British journal of sports medicine*. 38(5):568-575. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsem.2003.005140>
 17. ENCICLOPEDIA DE EJEMPLOS. 2019. Ejercicios de Resistencia. Disponible desde Internet en: <https://www.ejemplos.co/15-ejemplos-de-ejercicios-de-resistencia/>
 18. ESCO, M.; FLATT, A. 2014. Ultra-short-term heart rate variability indexes at rest and post-exercise in athletes: evaluating the agreement with accepted recommendations. *J. Sports Sci Med*. 13(3):535–541.
 19. GARRIDO, A.; DE LA CRUZ, B.; GARRIDO, M.; MEDINA, M.; NARANJO, J. 2009. Variabilidad de la frecuencia cardíaca en un deportista juvenil durante una competición de bádminton de máximo nivel. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 2(2):70-74.
 20. GUZII, O.; ROMANCHUK, A. 2017. Differentiation of Hemodynamics of Top Athletes Depending on Heart Rate Variability after Training.

- Journal of Advances in Medicine and Medical Research. 22(3):1-10. <https://doi.org/10.9734/JAMMR/2017/33619>
21. KISS, O.; SYDÓ, N.; VARGHA, P.; VÁGÓ, H.; CZIMBALMOS, C.; ÉDES, E.; ZIMA, E.; APPONYI, G.; MERKELY, G.; SYDÓ, T.; BECKER, D.; ALLISON, T.; MERKELY, B. 2016. Detailed heart rate variability analysis in athletes. *Clinical Autonomic Research*. 26:245–252. <https://doi.org/10.1007/s10286-016-0360-z>
 22. LETI, T.; BRICOUT, V. 2012. Interest of analyses of heart rate variability in the prevention of fatigue states in senior runners. *Autonomic Neuroscience*. 173(1-2):14-21. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2012.10.007>
 23. MAROCOLO, M.; NADAL, J.; BENCHIMOL-BARBOSA, P.R. 2007. The effect of an aerobic training program on the electrical remodeling of the heart: high-frequency components of the signal-averaged electrocardiogram are predictors of the maximal aerobic power. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 40(2):199-208. <https://doi.org/10.1590/S0100-879X2006005000068>
 24. MERTO VÁ, M.; BOTEK, M.; KREJČÍ, J.; MCKUNE, A. 2017. Heart rate variability recovery after a skyrunning marathon and correlates of performance. *Acta Gymnica*. 47(4):161-170. <https://doi.org/10.5507/ag.2017.021>
 25. MICHAEL, S.; JAY, O.; HALAKI, M.; GRAHAM, K.; DAVIS, G. 2016. Submaximal exercise intensity modulates acute post-exercise heart rate variability. *Eur J Appl Physiol*. 116(4):697-706. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3327-9>
 26. MOLINA, G.; PORTO, L.; FONTANA, K.; JUNQUEIRA, L. 2013. Unaltered R–R interval variability and bradycardia in cyclists as compared with non-athletes. *Clin Auton Res*. 23:141–148. <https://doi.org/10.1007/s10286-013-0196-8>
 27. MUÑOZ, S. 2019. El Sistema Nervioso Autónomo: Sistema Simpático y Parasimpático. *Psicoactiva*. Disponible desde Internet en: <https://www.psicoactiva.com/blog/sistema-nervioso-autonomo-simpatico-parasimpatico/>
 28. MY-EKG. 2020. Intervalos y segmentos del electrocardiograma. Disponible desde Internet en: <https://www.my-ekg.com/generalidades-ekg/intervalos-segmentos-ekg.html#:~:text=El%20intervalo%20R%2DR%20es%20la,depende%20de%20la%20frecuencia%20cardiaca>
 29. NAKAMURA, F.; FLATT, A.; PEREIRA, L.; RAMIREZ-CAMPILLO, R.; LOTURCO, I.; ESCO, M. 2015. Ultra-Short-Term Heart Rate Variability is Sensitive to Training Effects in Team Sports Players. *J Sports Sci Med*. 14(3):602–605.
 30. NIETO, C.; RUSO, J.; PARDOS, E.; NARANJO, J. 2020. La variabilidad de la frecuencia cardíaca en el control del entrenamiento en un corredor de Ironman. *Estudio de caso. Retos*. 37:339-343.
 31. O'FARRILL, A.; ALMENARES, E.; BALÓN, G.; LEÓN, S. 2001. Metodología para la aplicación y realización de pruebas pedagógicas y médicas en el deporte de alta calificación. *Efdeportes*. 7(36).
 32. OLIVERA-SILVA, I.; SILVA, V.; CUNHA, R.; FOSTER, C. 2018. Autonomic changes induced by pre-competitive stress in cyclists in relation to physical fitness and anxiety. *PLoS One*. 13(12):e0209834. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209834>
 33. ORTIZ, J.; MENDOZA, D. 2008. Variabilidad de la frecuencia cardíaca, una herramienta útil. *Efdeportes.com*. 13(121).
 34. PALAK, K.; FURGALA, A.; CIESIELCZYK, K.; SZYGULA, Z.; THOR, P. 2013. The Changes of Heart Rate Variability in Response to Deep Breathing in Professional Swimmers. *Folia Med Cracov*. 53(2):43-52.
 35. PÉREZ, C. 2008. Las pruebas o test en el deporte. *Efdeportes.com*. 13(126).
 36. PÉREZ, J.; GARDEY, A. 2017. Definición de ciclismo. Disponible desde Internet en: <https://definicion.de/ciclismo/>
 37. PICHÓN, A.; DE BISSCHOP, C.; ROULAUD, M.; DENJEAN, A.; PAPELIER, Y. 2004. Spectral Analysis of Heart Rate Variability during Exercise in Trained Subjects. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 36(10):1702-1708. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000142403.93205.35>
 38. PLUIM, B.; SWENNE, C.; ZWINDERMAN, A.; MAAN, A.; VAN DER LAARSE, A.; DOORBOS, J.; VAN DER WALL, E. 1999. Correlation of heart rate variability with cardiac functional and metabolic variables in cyclists with training induced left ventricular hypertrophy. *Heart*. 81(6):612-617. <http://dx.doi.org/10.1136/hrt.81.6.612>

39. PORRAS, J.; BERNAL, M. 2019. Variabilidad de la frecuencia cardiaca: Evaluación del entrenamiento deportivo. Revisión de tema. *Duazary*. 16(2):259-269. <https://doi.org/10.21676/2389783X.2750>
40. RENATO, M. 1991. *Fundamentos del Entrenamiento Deportivo*. Editorial Paidotribo (Barcelona, España). 300p.
41. ROSALES-SOTO, G.; CORSINI-PINO, R.; MONSÁLVES-ÁLVAREZ, M.; YAÑEZ-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. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2015.07.002>
42. SABOUL, D.; PIALOUX, V.; HAUTIER, C. 2013. The impact of breathing on HRV measurements: Implications for the longitudinal follow-up of athletes. *European Journal of Sport Science*. 13(5):534-542. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.767947>
43. SCHÄFER, D.; GJERDALEN, G.; SOLBERG, E.; KHOKHLOVA, M.; BADTIEVA, V.; HERZIG, D.; TRACHSEL, L.; NOACK, P.; KARAVIRTA, L.; ESER, P.; SANER, H.; WILHELM, M. 2015. Sex differences in heart rate variability: a longitudinal study in international elite cross-country skiers. *Eur J Appl Physiol*. 115:2107-2114. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3190-0>
44. SCHMITT, L.; REGNARD, J.; DESMARETS, M.; MAUNY, F.; MOUROT, L.; FOUILLOT, J.; COULMY, N.; MILLET, G. 2013. *Fatigue Shifts and Scatters Heart Rate Variability in Elite Endurance Athletes*. *PLOS ONE*. 8(8):e71588. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071588>
45. SCHRIEBER, S.; PAECH, C.; WÜSTENFELD, J.; DÄHNERT, I.; WOLFARTH, B.; THOUET, T.; SCHMIDT, P. 2020. Influence of a 100-mile ultramarathon on the heart rate and the heart rate variability. *Research square*. 1:1-16. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-19496/v1>
46. SCORCINE, C.; MADUREIRA, F.; FREITAS, C.; PEREIRA, R.; COUTO, A.; KAYAMORI, J.; COUTO, Á.; COLANTONIO, E. 2019. Classification of Heart Rate Variability in Swimming. *Journal of Exercise Physiologists*. 22(5):157-163.
47. SOOKAN, T.; MCKUNE, A. 2012. Heart rate variability in physically active individuals: reliability and gender characteristics. *Cardiovascular journal of Africa*. 23(2):67-72. <https://doi.org/10.5830/CVJA-2011.108>
48. TOUFAN, M.; KAZEMI, B.; AKBARZADEH, F.; ATAIEI, A.; KHALILI, M. 2012. Assessment of electrocardiography, echocardiography, and heart rate variability in dynamic and static type athletes. *Int J Gen Med*. 5:655-660. <https://dx.doi.org/10.2147%2FIJGM.S33247>
49. WANG, J.; QIU, J.; CHEN, S. 2018. Applied Research on Heart Rate Variability in Monitoring Sports Fatigue of Boxing Athletes. *Exercise Biochemistry Review*. 1(4). <https://doi.org/10.14428/ebr.v1i4.8973>
50. WILMORE, J.; COSTILL, D. 2001. *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. 4ª edición. Editorial Paidotribo (Barcelona, España). 306-307p