



Artículo de revisión

Efectos del entrenamiento de fuerza sobre la variabilidad de la frecuencia cardíaca en hipertensos: revisión bibliográfica

Effects of resistance training on heart rate variability in hypertensive patients: literature review

Luis Benavides Roca¹, Eduardo Guzmán-Muñoz², Pedro Pugliesi Abdalla³,
Antonio Roberto Zamuner⁴, Miguel Alarcón⁵.

¹Universidad Católica del Maule, Departamento de deporte. Chile. ²Universidad Santo Tomás, Facultad de Salud, Escuela de Kinesiología. Chile. ³Universidade de São Paulo, Escuela de educación física y deporte. Brasil. ⁴Universidad Católica del Maule, Laboratorio de Investigación Clínica en Kinesiología. Chile. ⁵Universidad Santo Tomás, Escuela de Ciencias del Deporte, Facultad de Salud. Chile.

Resumen

Introducción: La variabilidad de la frecuencia cardíaca es entendida como la variación de tiempo, entre los intervalos de las ondas R del electrocardiograma, y permite representar el funcionamiento del organismo ante determinados estímulos. A partir de esto, resulta relevante entender los efectos del entrenamiento de la fuerza sobre los parámetros del sistema cardiovascular, ya que se generan controversias en torno a la fisiología cardíaca, más aún, en personas con patología hipertensiva. **Objetivo:** Identificar los efectos del entrenamiento de fuerza sobre la variabilidad de la frecuencia cardíaca en hipertensos. **Métodos:** Se realizó una revisión bibliográfica de las principales bases de datos *Ebsco Host*, *Web of Science*, *Health Medical Collection*, *Scopus* y *Medline*, para identificar los artículos experimentales que se encontraban en los últimos 10 años. Se obtuvo 11 artículos, a partir de la combinación de las palabras clave: variabilidad de la frecuencia cardíaca, entrenamiento de fuerza e hipertensión. **Resultados:** Las investigaciones recolectadas hacen alusión a los cambios en las variables frecuenciales y temporales de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, a través del entrenamiento de fuerza. Principalmente con los efectos agudos, aumenta la LF y disminuye la HF; mientras que, con los efectos crónicos, descienden los valores de LF y la relación LF/HF. **Conclusiones:** Los datos del presente estudio reportan alteraciones de los parámetros de VFC con estímulos de fuerza en personas con hipertensión.

Palabras clave: entrenamiento de fuerza; variabilidad; frecuencia cardíaca; hipertensión.

Abstract

Introduction: The variability of heart rate is understood as the time variation between the intervals of R waves of electrocardiogram and it allows to represent the functioning of the organism in certain stimuli. Based on this, it is relevant to understand the strength training effects on the cardiovascular system parameters, since controversies are generated around cardiac physiology, even more so, in people with hypertensive pathology. **Objective:** To identify the effects of strength training on heart rate variability in hypertensive patients. **Methods:** A bibliographic review of the main *Ebsco Host*, *Web of Science*, *Health Medical Collection*, *Scopus* and *Medline* databases was carried out to identify the experimental articles in the last 10 years. Eleven articles were retrieved, from the combination of the keywords heart rate variability, strength training and hypertension. **Results:** The retrieved investigations refer to the changes in the frequency and temporal variables of heart rate variability, through strength training. Mainly with the treble effects, it increases LF and decreases HF; while, with chronic effects, LF values and LF/HF ratio decrease. **Conclusions:** The data from this study report changes in HRV parameters with force stimuli in people with hypertension.

Keywords: strength training; variability; heart rate; hypertension.

Introducción

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) es un parámetro que ha tomado relevancia en los últimos años, ya que los resultados que se obtienen, permiten estudiar de modo no invasivo, el control autonómico cardíaco.^(1,2) Además, se establece como una herramienta de bajo costo que entrega información pronóstica sobre la mortalidad de la población con y sin enfermedades cardiovasculares.⁽³⁾ Específicamente, el concepto de VFC es entendido como la variación de tiempo (milisegundos) de los intervalos entre dos ondas R consecutivas de un electrocardiograma.⁽⁴⁾

En el mundo de la actividad física y el entrenamiento, la frecuencia cardíaca (FC) se ha posicionado como una de las evaluaciones clásicas para monitorear las respuestas y adaptaciones cardíacas al esfuerzo físico. No obstante, su alcance es limitando en cuanto al funcionamiento del sistema nervioso autonómico cardíaco (SNA).^(1,2) Es por ello, que la VFC se establece como una medida útil y relevante en la práctica clínica y deportiva, considerada como una variable idónea para la comprensión del funcionamiento autonómico cardíaco, simpático (SNS) y parasimpático (SNP).⁽²⁾

El equilibrio y buen funcionamiento de los sistemas simpático y parasimpático en general culminan en el óptimo funcionamiento cardiovascular, que se representa por el aumento de la VFC. Por el contrario, los valores bajos de VFC, en general, están asociados a condiciones de pérdida de la homeostasis, como se evidencia en condiciones de enfermedades cardiovasculares, obesidad, diabetes mellitus e hipertensión.⁽⁴⁾

La literatura plantea que la hipertensión es la patología cardiovascular más recurrente en la sociedad actual, asociada a una actividad vagal disminuida y niveles SNS aumentados.⁽⁵⁾ Junto con esto, *Ewen* y otros⁽⁵⁾ plantean que los sujetos con estados hipertensivos poseen una hiperactividad del SNS, lo que conduce a un desbalance del volumen sanguíneo y un aumento de la presión arterial sistémica. Sumado a esto, el 85 % de esta población no alcanza las recomendaciones de actividad física, lo cual provoca un desmedro en su calidad de vida.⁽⁶⁾ Por tanto, el ejercicio físico, aparece como una intervención beneficiosa para la regulación del sistema autónomo y de las funciones cardiovasculares.⁽⁷⁾

El entrenamiento de fuerza (EF), corresponde al uso de una resistencia externa que estimule la contracción muscular; con ello, se optimizan las funciones circulatorias del organismo. La representación más clara es la disminución de la presión arterial, posterior al ejercicio, lo que se ve influenciado por la reducción del gasto cardíaco o la resistencia vascular sistólica.^(8,9) Esta característica, posibilita la disminución de la presión arterial crónica y los riesgos de mortalidad.^(10,11)

El monitoreo de las cargas del entrenamiento físico y las adaptaciones fisiológicas del sistema circulatorio, son posibles de identificar a partir de los cambios provocados en los parámetros de la VFC.⁽⁶⁾ De manera más específica, la actividad física genera cambios en el funcionamiento del SNS y SNP cardíaco, representado por los valores de dominios de tiempo y frecuencia, una vez terminado el entrenamiento.^(12,13) Si bien, la dinámica del ejercicio físico consigue aumentar la actividad del SNS y posicionarlo sobre el SNP,⁽¹⁴⁾ el comportamiento de la VFC en sujetos con tensión arterial alta, aparece como una interrogante, ya que las características de la hipertensión abocan al desmedro del sistema del nervioso autónomo y, por su parte, la práctica de la actividad física produce un alza en la tensión de las arterias.⁽¹¹⁾ A raíz de esta idea, el objetivo del presente trabajo, es generar una revisión bibliográfica que determine el impacto del EF sobre la VFC en sujetos con hipertensión arterial.

Método

En el período comprendido entre los meses de marzo y abril del 2021 se realizó una búsqueda exhaustiva de la literatura científica en relación al vínculo existente entre el entrenamiento de fuerza, la VFC e hipertensión arterial. Se generó un análisis de la literatura, a partir de la búsqueda de investigaciones en las bases de datos indexadas *Ebsco Host*, *Web of Science*, *Health Medical Collection*, *Scopus* y *Medline*, en los últimos 10 años; a partir de las combinaciones de las siguientes palabras clave: variabilidad de la frecuencia cardíaca; entrenamiento de fuerza e hipertensión.

Para la selección de los estudios se procedió de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión, según el modelo PICOT (población, intervención, comparación, resultados, tipo de estudio).⁽¹⁵⁾

Población: sujetos con patología hipertensiva (>130 sistólica o >80 diastólica mm Hg, en estado basal)

Intervención: aplicación de estímulos de fuerza o combinados con fuerza, independientes del tipo de entrenamiento y del tiempo de la intervención (agudos y crónicos).

Comparación: Los grupos son de intervención y control.

Resultados: Variables de dominio tiempo y frecuencia.

Tipo de estudio: investigaciones experimentales de ensayos clínicos y de cohortes.

El idioma de los artículos recopilados fueron el español, inglés y portugués. La selección se realizó mediante tres filtros: 1) Los artículos extraídos de la base de datos fueron seleccionados inicialmente por su título, se descartaron

publicaciones que no guardaban relación con el objetivo del estudio; 2) A continuación, se analizaron los resúmenes, en función de seleccionar los estudios directamente relacionados con el interés central de este trabajo; se identificaron, además, las publicaciones que aparecían en más de una base de datos. Luego se recuperaron los textos completos de los posibles artículos para pasar por el filtro final; 3) En esta fase se realizó una lectura crítica, análisis y valoración de cada estudio, para comprobar la veracidad y calidad metodológica.

Cada estudio fue evaluado de forma independiente por al menos dos de los autores, en función de determinaba la calidad metodológica mediante la escala PEDro, la que tiene una puntuación en base a once criterios que permiten calificar a cada investigación desde cero hasta 11 puntos. En caso de que existiera una discrepancia entre los autores, se solicita una tercera opinión para asignar una puntuación al estudio, dejando esta como la adecuada.

Finalmente, para desarrollar cada componente de este estudio, se incluyeron las publicaciones de mayor calificación metodológica y que respondieran al objetivo de este artículo.

Resultados

Posterior a una revisión exhaustiva, basada en cada filtro, se obtuvo un total de 11 artículos de aquellos en los que los autores respaldaron sus hallazgos con las bases teóricas más adecuadas y metodología científica acorde (fig. 1).

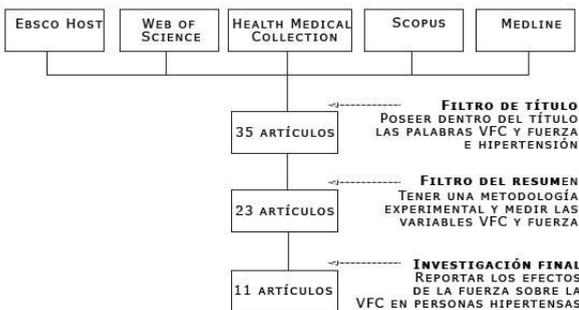


Fig. 1 – Flujograma de la selección de artículos.

En la tabla 1, se resumen las 11 investigaciones utilizadas en esta revisión. Se pueden observar los resultados de todos los estudios, representado por las variaciones en el dominio de tiempo y frecuencia, en función del estímulo de fuerza; además, se identifica el nivel de la calidad metodológica de cada artículo.

Los resultados encontrados en torno a los parámetros de la VFC, muestran que los estímulos de fuerza consiguen regular

la modulación autonómica cardíaca, a partir de la disminución de la alta frecuencia (HF, por sus siglas en inglés), en estudios agudos y una disminución de la baja frecuencia (LF, por sus siglas en inglés), en investigaciones crónicas. De acuerdo con la calidad de las metodologías de los estudios, es posible determinar que todas superan el 55 % del nivel de rigurosidad investigativa, según la escala PEDro; específicamente, se aprecia que más del 50 % de los artículos escogidos tienen una nota igual o superior a ocho, lo que expresa un estándar alto de investigación.

Fisiología de la VFC

La VFC interpreta la actividad autonómica del corazón, a partir de la modulación temporal y frecuencial de los latidos, los cuales son provocados por el funcionamiento del sistema nervioso, el que, a su vez, es el encargado de llevar el estímulo eléctrico, por las vías simpática y parasimpáticas.⁽¹⁶⁾ Dentro de las características que posee este proceso, se encuentra la regulación de las acciones suprarrenales, hemodinámicas y los reflejos locales.⁽¹¹⁾ Por tanto, el sistema autónomo, controla el desarrollo de la FC, a través de las ramas nerviosas y los receptores muscarínicos (alfa y beta adrenérgicos) y las proteínas G (Gi inhibitoria o Gs excitatoria) son las encargadas de manejar el sistema cardiovascular.⁽¹⁷⁾ El desencadenamiento de las etapas, hacen que el comportamiento de la FC no sea fijo.⁽¹⁸⁾

La fisiología de la VFC comprende el desarrollo del sistema nervioso, asociado directamente al tiempo que se produce entre los latidos.⁽¹⁹⁾ El equilibrio entre el SNS y SNP genera la eficiencia del sistema cardiovascular, debido a que el SNP se involucra con el nervio vago a través de la liberación de acetilcolina.⁽²⁰⁾ Este neurotransmisor produce una disminución en la FC, lo cual se relaciona, principalmente, a los estados de reposo.⁽²¹⁾

Por el contrario, el SNS se hace presente en momentos dinámicos, donde los neurotransmisores de noradrenalina y adrenalina consiguen efectuar una aceleración del ritmo cardíaco, con el fin de preparar el organismo para situaciones de estrés o responder ante alguna amenaza.⁽²¹⁾ Esta última idea, no es tan concreta ni aceptada por toda la literatura, ya que la influencia del SNS, resulta difícil de percibir durante situaciones donde la FC es inferior a los 100 latidos por minuto.⁽²²⁾

De acuerdo con lo anterior, se hace necesario señalar que los valores obtenidos de la VFC, además de asociarse con la eficiencia del sistema nervioso, también son utilizados como predictores de la salud, porque los altos valores de esta variable indican estados adecuados del organismo, mientras que una baja VFC se relaciona con una fisiología anormal.⁽²³⁾

Tabla 1 - Resumen de los artículos seleccionados para la revisión

No.	Autor	PEDro	Características Entrenamiento de fuerza	Carga	Resultados VFC					
					LF	HF	LF/HF	SDNN	RMSSD	Pnn50 %
1	Vale y otros	8	2 tipos de entrenamiento de 6RM o 15RM. se efectuaron 3 ejercicios de jalón lateral, press de banca con barra y press de piernas a 45°, en 3 series.	6 repeticiones máximas	↔ Post, 1 hora y 24 horas	↔ Post, 1 hora y 24 horas	↔ Post, 1 hora y 24 horas		↔ Post ↓ 1 hora ↓ 24 horas	
				15 repeticiones máximas	↑ Post ↔ 1 hora ↔ 24 horas	↓ Post ↔ 1 hora ↔ 24 horas	↔ Post, 1 hora y 24 horas		↓ Post ↔ 1 hora ↔ 24 horas	
2	Trevizani y otros	7	12 sesiones de 2 series de 20 repeticiones de tren inferior y 15 repeticiones de tren superior, la carga era de 50 % de 1RM, con descanso de 2 minutos.	Entrenamiento de tren superior e inferior	↔ Post	↔ Post	↔ Post (normalizado)	↔ Post (normalizado)	↔ Post (normalizado)	
3	Queiroz y otros	7	3 series de repeticiones hasta fatiga moderada de 7 ejercicios de fuerza, con una carga de 50 % de 1RM, con descansos de 90 seg.	50 % de 1RM	↑ 30-60min ↔ 7 horas	↓ 30-60min ↔ 7 horas	↓ 30-60min ↔ 7 horas			
4	Simões y otros	6	Evaluación de fuerza máxima, en la prensa de pierna a 45°. Los sujetos debían subir la carga, hasta llegar a su máxima capacidad y cada peso representaba un valor de VFC.	Evaluación de una repetición máxima				↑ desde el 30% hasta la repetición máxima	↓ desde el 30% hasta la repetición máxima	
5	De Freitas y otros	7	3 sesiones de entrenamiento de tren superior, inferior y todo el cuerpo. La carga era de 6 series al 65 % para el tren inferior y superior. Para todo el cuerpo se efectuaron 3 series al 65 %.	tren superior	↑ Post ↑ 10 min ↑ 30 min	↓ Post ↓ 10 min ↓ 30 min		↔ Post ↓ 10 min ↔ 30 min	↓ Post ↓ 10 min ↓ 30 min	
				tren inferior	↑ Post ↑ 10 min ↑ 30 min	↓ Post ↓ 10 min ↓ 30 min		↔ Post ↓ 10 min ↔ 30 min	↓ Post ↓ 10 min ↓ 30 min	
				Todo el cuerpo	↑ Post ↑ 10 min ↑ 30 min	↓ Post ↓ 10 min ↓ 30 min		↔ Post ↓ 10 min ↔ 30 min	↓ Post ↓ 10 min ↓ 30 min	
6	Farah y otros	10	2 tipos de entrenamiento supervisados, uno directamente y otro a distancia, durante 12 semanas de prensión manual, con 4 series de contracciones isométricas de 2 min, al 30% de una contracción máxima y 1 min de descanso.	Agarre manual desde la casa	↔ Post	↔ Post	↔ Post	↔ Post	↔ Post	↔ Post
				Agarre manual supervisado	↔ Post	↔ Post	↔ Post	↔ Post	↔ Post	↔ Post

7	Masroor y otros	11	Entrenamiento de fuerza y aeróbico, de 20 sesiones que involucraban músculos de todo el cuerpo con 3 series de 10 repeticiones al 50-80 % de 1RM y entrenamiento aeróbico al 50-80 % de la FC máx durante 20 min.	Aeróbico+ Fuerza	↓ Post	↑ Post	↓ Post	↑ Post	↑ Post	↔ Post
8	Oliveira-Dantas y otros	8	Entrenamiento de fuerza de 10 semanas, con ejercicios de prensa de piernas; máquina de remar, flexión del tronco, máquina de flexión de rodilla, banco, prensa, máquina de extensión de tronco, prensa de empuje, flexión plantar de pie y jalón frontal.	Entrenamiento de fuerza basado por la American College of Sports Medicine	↔ Post	↔ Post	↔ Post			
9	Gauche y otros	10	Entrenamiento de fuerza con 2 tipos de sesiones. Primero, un trabajo tradicional (3 series de 12 repeticiones, con 1 min de descanso entre series y ejercicios). Segundo, un trabajo en circuito (3 vueltas, con 1 serie por cada vuelta, con 30 seg de descanso entre ejercicios y 1 minuto entre vueltas).	Entrenamiento de fuerza (tradicional y en circuito)	↑ Post 60 min	↓ Post 60 min	↑ Post 60 min		↔ Post 60 min	
10	Anunciação y otros	8	3 tipos de entrenamiento. Ejercicio aeróbico (40 min; 50-60% de la frecuencia cardíaca). Fuerza (8 ejercicios; 3 series; 15 repeticiones; 40 % 1repetición máxima). combinación de los 2 trabajos (aeróbico y fuerza).	Ejercicio aeróbico			↔ Post 10 min hasta los 180 min		↔ Post 10 min hasta los 180 min	
				Entrenamiento de fuerza			↔ Post 10 min hasta los 180 min		↔ Post 10 min hasta los 180 min	
				Aeróbico + fuerza			↔ Post 10 min hasta los 180 min		↔ Post 10 min hasta los 180 min	
11	Farinatti y otros	5	3 entrenamientos. Aeróbico de 30 min en bicicleta a una intensidad dentro del umbral (± 2 lpm). El de fuerza incluyó 10 series de 12-15 repeticiones de extensión de rodilla bilateral al 70 % de 15 RM. El concurrente combino los entrenamientos de fuerza y aeróbico.	Ejercicio aeróbico	↔ Post 10 min hasta los 30 min	↔ Post 10 min hasta los 30 min	↔ Post 10 min hasta los 30 min		↑ Post 10 min hasta los 30 min	
				Entrenamiento de fuerza	↑ 25 min	↑ 25 min hasta 30 min	↑ 25 min hasta 30 min		↑ Post 10 min hasta los 30 min	
				Concurrente (aeróbico + fuerza)	↔ Post 10 min hasta los 30 min	↔ Post 10 min hasta los 30 min	↔ Post 10 min hasta los 30 min		↑ Post 10 min hasta los 30 min	

Legenda: HF = alta frecuencia; LF = baja frecuencia; LF/HF = relación baja-alta frecuencia; Pnn 50 % = porcentaje de los intervalos RR consecutivos que superan en más de 50 ms; RMSSD = raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR sucesivos; SDNN = desviación estándar de los intervalos RR; Post = Posterior; RM = repetición máxima

↔ = modificación de la variable sin diferencias significativas; ↑ = aumenta la variable significativamente; ↓ = disminuye la variable significativamente.

El funcionamiento del organismo en términos de VFC y salud está dado por la capacidad de adaptarse de buena forma ante determinadas situaciones,⁽²⁴⁾ ya que el sistema nervioso autónomo regula la FC, el volumen sistólico y la contractilidad del miocardio, durante el ejercicio, debido a la retirada de la actividad parasimpática y al aumento de la actividad simpática.⁽²⁵⁾

Medición de la VFC

El análisis de la VFC permite evaluar de forma práctica y sencilla la interacción del sistema nervioso autónomo con el sistema cardiovascular. Los métodos más utilizados para analizar la VFC son los representados de manera lineal en un electrocardiograma, descritos por los dominios de tiempo y frecuencia, cuyos parámetros son utilizados tanto para el ámbito clínico como para la interpretación fisiológica.^(3,26)

El dominio de tiempo, deriva de la interpretación del transcurso entre los intervalos RR. Los más utilizados y que más información reportan son:^(27,28)

SDNN: Desviación estándar de los intervalos RR

RMSSD: Es la raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR sucesivos. Este parámetro informa de las variaciones a corto plazo de los intervalos RR y se utiliza para observar la influencia del SNP sobre el sistema cardiovascular. Se asocia directamente a la variabilidad a corto plazo.

NN50: Números de RR consecutivos que superan en más de 50 ms.

pNN50: Porcentaje de los intervalos RR consecutivos que superan en más de 50 ms.

Por su parte, el dominio de frecuencia se obtiene a partir de una transformación matemática, habitualmente la Transformada de Fourier. Estos métodos permiten descomponer la energía (potencia) de la señal RR en diferentes componentes frecuenciales.^(27,28) Estos componentes se correlacionan con el sistema nervioso autónomo.

De esta forma, la mayor parte de la potencia de la señal se encuentra en un margen de 0 a 0,4 Hz y se clasifica de la siguiente manera:

TP (potencia total): Este parámetro se considera el espectro general. Es la varianza de todas las componentes de los intervalos RR inferiores a 0,4 Hz.

LF (baja frecuencia): Se encuentra entre 0,04 y 0,15 Hz. Esta zona es la más controvertida en su interpretación, ya que puede atribuirse a influencias del SNS y/o a las del SNP.

HF (alta frecuencia): se encuentra entre los 0,15 y 0,4 Hz. Esta zona se asocia exclusivamente a la implicancia del SNP.

LF/HF (relación alta y baja frecuencia): esta variable hace referencia al balance simpático vagal, donde una disminución del valor se asociará a una mayor implicancia del SNP.

Regulación de la VFC durante el ejercicio

El entrenamiento físico es uno de los agentes externos más influyentes en el funcionamiento del sistema cardiovascular,⁽²⁹⁾ sobre todo, cuando se posiciona como un factor positivo para la salud del organismo.⁽³⁰⁾

A partir de esto, resulta esencial mencionar los mecanismos que controlan el sistema nervioso autónomo durante la práctica de actividad física. El primero, se asocia al comando central, el cual es el encargado de la reproductividad del ejercicio sobre el corazón; el segundo, se relaciona con los mecanos o tetanorreflexos, los que se vinculan con la inhibición del SNP durante la actividad física; por último, es el metaborreflexo o reflejo presor muscular, el que estimula la acción del SNS, a partir de la liberación de neurotransmisores desencadenados por la acción de los quimiorreceptores.^(31,32)

De acuerdo con lo anterior, el ejercicio favorece una disminución de la estimulación del SNP, lo que provoca que los niveles de la VFC descendan, principalmente en los primeros 10 a 15 segundos de haber comenzado la actividad, lo cual, se mantiene hasta sobrepasar el primer umbral.⁽³³⁾ No obstante, el modelo contemporáneo de análisis de la VFC establece una interacción compleja, donde ambos sistemas pueden aumentar y disminuir conforme una actividad (coactividad y reciprocidad). Sin embargo, lo concreto de esta idea, es la existencia de la supremacía del SNS durante el ejercicio y del SNP en el reposo. También, es preciso señalar que existe una mantención del SNS posterior a la realización ejercicio, debido a la dependencia de la proteína G, Adenil Ciclasa, la cual dificulta la interpretación de los datos de VFC en investigaciones agudas.⁽²⁷⁾

No obstante, esta idea es condicionada por las variables propias del entrenamiento, donde la intensidad, la duración y el tipo del ejercicio, influyen en las adaptaciones del sistema cardiovascular y la condición física de la persona.^(26,34)

La literatura muestra diversas formas de contrastar la VFC con el ejercicio; las más utilizadas son el ciclismo,⁽³⁵⁾ la caminata⁽³⁶⁾ y la natación.⁽³⁷⁾ De igual manera, la variable del entrenamiento más investigada es la intensidad, la cual tiene un efecto reductor de los valores del dominio de tiempo (SDRR y RMSSD).⁽³⁸⁾ Sin embargo, aún existen controversias en torno al comportamiento del SDRR, ya que, al analizar una carga de entrenamiento de intensidad ascendente, se observa que los valores de SDRR a una intensidad moderada-alta no cambian sustancialmente; mientras que otras investigaciones describen pequeñas disminuciones que continúan a medida que la carga llega al máximo de la intensidad.⁽¹²⁾

Por su parte, las medidas de dominio de frecuencia, muestran una similitud con el comportamiento de los valores del dominio tiempo, ya que disminuyen, tanto la baja frecuencia como la alta frecuencia, siendo esta última, la que debería tener una mayor caída.⁽³⁹⁾

En torno a la modalidad del ejercicio, resulta difícil contrastar los efectos en la VFC, debido a que cada tipo de actividad posee una determinada característica que afecta a algunas de las variables del entrenamiento. No obstante, se ha visto que el ciclismo, en comparación con la fuerza de brazos en manivela, genera una reducción del gasto de energía y de la FC.^(7,40) Por otra parte, *Cunha* y otros⁽⁴¹⁾ investigaron la recuperación de los valores de VFC posterior de la realización de ejercicios, en las modalidades de caminar, montar bicicleta y correr; encontraron que las variables de dominio tiempo fueron recuperadas más rápido en el ejercicio, que implicaba una masa muscular más pequeña. Estos estudios permiten determinar que la relación entre el tamaño del músculo y el gasto de energía son influyentes en la activación de SNP posterior al ejercicio.

En términos de duración y VFC, se encuentra mayor evidencia; no obstante, las conclusiones que se pueden obtener son poco concretas, ya que el comportamiento de la FC es caótico,⁽¹²⁾ debido a que durante el entrenamiento existen intensidades oscilantes, las que no permiten mantener una regularidad del sistema cardiovascular con respecto al tipo esfuerzo.

Entrenamiento de fuerza, variabilidad de la frecuencia cardíaca e hipertensión

La evidencia muestra que el EF regular no consigue mejorar los valores de la VFC en personas sanas;⁽⁴²⁾ no obstante se ha observado incrementos significativos en sujetos con alguna patología.⁽⁴³⁾ Es por ello que resulta interesante conocer los efectos que puede conseguir en personas hipertensas. Si bien, se sabe que este tipo de entrenamiento consigue disminuir la presión arterial posterior al ejercicio,^(44,45) aún existe una dificultad para concretar resultados en la VFC.

A partir de esto, se hace necesario dividir los artículos encontrados en la literatura, de acuerdo a los tipos de efectos que se obtienen (agudos o crónicos).

Efectos agudos

Las investigaciones con metodologías agudas, muestran que el EF modifica los parámetros asociados a la VFC. Específicamente, el entrenamiento al 65% de una repetición máxima,⁽⁴⁶⁾ el incremento de repeticiones de trabajo⁽⁴⁷⁾ y la modalidad del entrenamiento en circuito y tradicional,⁽²⁵⁾ consiguen aumentar los valores de LF y disminuir los de HF. No obstante, esta última característica en relación con el tipo de ejercicio no genera un consenso total, ya que en la investigación de *Anuniação* y otros⁽¹⁰⁾ no se lograron

encontrar cambios significativos en los parámetros de la VFC, a través de estímulos asociados a lo aeróbicos, concurrentes y de fuerza. Sin embargo, en el artículo de *Farinatti* y otros⁽⁴⁸⁾ se utilizaron similares entrenamientos y se obtuvo principalmente, un aumento de la RMSS con todos los tipos de estímulo; en torno a las variables de frecuencia, se consiguió un aumento de la LF, HF y LF/HF a los 25 minutos posteriores de haber realizado el ejercicio con una carga del 70 % de 15 repeticiones máximas. De acuerdo con esto, la intensidad del ejercicio se posiciona como el factor más relevante para producir cambios en los parámetros de la VFC.

En torno a esta idea, *Simões* y otros⁽⁴⁹⁾ identificaron que en el porcentaje cercano al 30 % de una repetición máxima, el SNP aún se encuentra activo, representado por el aumento de los niveles de SDNN y la disminución de las RMSSD. De igual forma, los hallazgos de *De Freitas* y otros⁽⁴⁷⁾ indican que la implicancia de la mayor cantidad de grupos musculares durante un entrenamiento, generará una mayor adaptación cardiovascular, identificado por la disminución de los valores de SDNN (posterior a los 10 min) y RMSSD posterior al ejercicio.

En cuanto a la comparación de sujetos normotensos e hipertensos, *Queiroz* y otros,⁽⁴⁴⁾ realizaron una intervención de fuerza al 50 % de una repetición máxima, lo que provocó la disminución de la relación LF/HF y de la presión arterial después del estímulo. Además de esto, se apreciaron modificaciones positivas en las variables hemodinámicas y autonómicas del corazón. No obstante, lo más llamativo, es el comportamiento similar de los parámetros, entre los sujetos con hipertensión y los sanos.

Por tanto, los efectos agudos del EF sobre los parámetros de VFC, indican que la intensidad es el elemento clave para provocar una actividad idónea, donde aumente la LF y disminuya la HF, además, se establece que la SDNN es una variable influenciable de acuerdo al porcentaje del entrenamiento.

Efectos crónicos

En relación a los estímulos constantes que generan adaptaciones crónicas, se aprecia que el EF, debe presentar características específicas para conseguir modificaciones en los parámetros de la VFC, ya que se ha establecido que los estímulos que involucran la ejercitación total de cuerpo con una intensidad superior al 50 % de la repetición máxima y en conjunto de entrenamiento de resistencia aeróbica, provocan una disminución de los valores de LF y LF/HF.⁽⁸⁾ Por el contrario, una baja implicancia de grupos musculares,⁽⁵⁰⁾ entrenamientos con intensidades inferiores o igual al 50 % de la capacidad máxima,^(45,51) no evidenciará modificaciones en los parámetros de dominio de tiempo y/o frecuenciales.

En consecuencia, se entiende que el EF en sujetos con

hipertensión provoca adaptaciones crónicas positivas; sin embargo, los efectos sobre los parámetros de VFC, no serán explícitos, ya que existirá una influencia significativa en la estructuración de los componentes de las cargas (intensidad, volumen, descanso, etcétera). No obstante, los estímulos de fuerza consiguen regular la modulación autonómica cardíaca, representado por la disminución de la actividad simpática y la tendencia al aumento de la actividad parasimpática.⁽⁵¹⁾

Conclusiones

Finalmente, los datos del presente estudio reportan alteraciones de los parámetros de VFC con estímulos de fuerza en personas con hipertensión. Sin embargo, los resultados no son concluyentes al momento de especificar valores significativos con efectos crónicos.

En segunda instancia, fue posible identificar que las metodologías de los estudios, comparaban las variables, previo y posterior a la realización del EF, lo cual, denota una dificultad en la medición de esta variable durante una actividad física.

Si bien se conocen los efectos del entrenamiento de fuerza en el sistema cardiovascular, es necesario resaltar el beneficio para funcionamiento fisiológico de los sujetos hipertensos.

Referencias bibliográficas

1. Calderón FJ, Cupeiro R, Peinado A, Lorenzo-Capella I. Variabilidad de la frecuencia cardíaca y ejercicio ¿Fundamentación fisiológica? Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. 2020;20(78):299-320. DOI: <https://doi.org/10.15366/rimcafd2020.78.008>.
2. Lakusic N, Mahovic D, Kruzliak P, Cerkez-Habek J, Novak M, Cerovec D. Changes in Heart Rate Variability after Coronary Artery Bypass Grafting and Clinical Importance of These Findings. BioMed Research International. 2015;1-7. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/680515>.
3. Wulsin L, Horn P, Perry J, Massaro J, D'Agostino R. Autonomic Imbalance as a Predictor of Metabolic Risks, Cardiovascular Disease, Diabetes, and Mortality Autonomic Imbalance Predicts CVD, DM, Mortality. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 2015;100(6):2443-8. DOI: <https://doi.org/10.1210/jc.2015-1748>.
4. Veloza L, Jiménez C, Quiñones D, Polanía F, Pachón-Valero L, Rodríguez-Triviño Y. Variabilidad de la frecuencia cardíaca como factor predictor de las enfermedades cardiovasculares. Revista Colombiana de Cardiología. 2019;26(4):205-10. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.rccar.2019.01.006>.

5. Ewen S, Ukena C, Böhm M. Percutaneous Renal Denervation: new treatment option for resistant hypertension and more? Hypertension. 2013;99:1129-34. DOI: <https://dx.doi.org/10.1136/heartjnl-2012-301725>.
6. Forechi L, Mill JG, Griep RH, Santos I, Pitanga F & Molina, MDC. Adherence to physical activity in adults with chronic diseases: ELSA-Brasil. Revista de saude publica. 2018;52:31. DOI: <https://doi.org/10.11606/S1518-8787.2018052000215>.
7. Gambardella J, Morelli M, Wang X, Santulli G. Pathophysiological mechanisms underlying the beneficial effects of physical activity in hypertension. Journal of clinical hypertension Greenwich, Conn. 2020;22(2):291. DOI: <https://doi.org/10.1111/jch.13804>
8. Masroor S, Bhati P, Verma S, Khan M, Hussain ME. Heart rate variability following combined aerobic and resistance training in sedentary hypertensive women: A randomized control trial. Indian heart journal. 2018;70:28-35. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2018.03.005>
9. Tebar WR, Rufino JC, Cruz Veras AS, Correia RR & Teixeira G R. Strength training for arterial hypertension treatment: a systematic review protocol. Physical Therapy Reviews. 2021;26(3):235-241. DOI: <https://doi.org/10.1080/10833196.2021.1894803>.
10. Anunciação PG, Farinatti PT, Goessler KF, Casonatto J, Polito MD. Blood pressure and autonomic responses following isolated and combined aerobic and resistance exercise in hypertensive older women. Clinical and experimental hypertension. 2016;38(8):710-4. DOI: <https://doi.org/10.1080/10641963.2016.1200601>.
11. Figueiredo T, Willardson J, Miranda H, Bentes C, Reis V, Simão R. Influence of load intensity on postexercise hypotension and heart rate variability after a strength training session. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2015;29(10):2941-8. DOI: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000954>.
12. Michael S, Graham K, Davis G. Cardiac autonomic responses during exercise and post-exercise recovery using heart rate variability and systolic time intervals—a review. Frontiers in physiology. 2017;8:301. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00301>.
13. Gourine A, Ackland G. Cardiac vagus and exercise. Physiology. 2019;34(1):71-80. DOI: <https://doi.org/10.1152/physiol.00041.2018>.
14. Fadel P. Reflex control of the circulation during exercise. Scandinavian journal of medicine science in sports. 2015;25:74-82. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1990.69.2.407>.

15. Landa-Ramírez E, de Jesús Arredondo-Pantaleón A. Herramienta PICO para la formulación y búsqueda de preguntas clínicamente relevantes en la psicooncología basada en la evidencia. *Psicooncología*. 2014;11(2):259-70. DOI: https://doi.org/10.5209/rev_PSIC.2014.v11.
16. Rodríguez-Núñez I, Rodríguez-Romero N, Álvarez A, Zambrano L, da Veiga GL & Romero F. Variabilidad del ritmo cardíaco en pediatría: aspectos metodológicos y aplicaciones clínicas. *Archivos de Cardiología de México*. 2021;1-9. DOI: <https://doi.org/10.24875/ACM.20000473>
17. García R, De Abreu KG. Comportamiento de la frecuencia cardíaca en Test Progresivos: algunas variables a considerar. *Educación física Chile*. 2009;(268):63-9.
18. Lombardi F. Chaos theory, heart rate variability, and arrhythmic mortality. *Circulation*. 2000;101:8-10. DOI: <https://doi.org/10.1161/01>.
19. Tegegne BS, Man T, van Roon AM, Riese H, Snieder H. Determinants of heart rate variability in the general population: The Lifelines Cohort Study. *Heart Rhythm*. 2018;15(10):1552-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2018.05.006>.
20. Márquez J, Garrido R, Chaves G, Mendo A. Variabilidad de la frecuencia cardíaca: investigación y aplicaciones prácticas para el control de los procesos adaptativos en el deporte. *Revista iberoamericana de psicología del ejercicio y el deporte*. 2018[acceso 21/12/21];13(1):121-30. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=311153534012>.
21. Singh N, Moneghetti KJ, Christle JW, Hadley D, Froelicher V & Plews D. Heart rate variability: an old metric with new meaning in the era of using mhealth technologies for health and exercise training guidance. part two: prognosis and training. *Arrhythmia & electrophysiology review*. 2018;7(4):247-55. DOI: <https://doi.org/10.15420/aer.2018.30.2>.
22. White DW, Raven PB. Autonomic neural control of heart rate during dynamic exercise: revisited. *The Journal of Physiology*. 2014;592(12):2491-500. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2014.271858>
23. Grässler B, Thielmann B, Böckelmann I & Hökelmann A. Effects of different training interventions on heart rate variability and cardiovascular health and risk factors in young and middle-aged adults: A systematic review. *Frontiers in physiology*. 2021;12:1-22. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.657274>
24. Drogue VSL, Santos AC, Medeiros CE, Marques DP, Nascimento LS, Brasileiro-Santos MS. Cardiac autonomic modulation in healthy el Derly after different intensities of dynamic exercise. *Clin Interv Aging*. 2015;10:203-8. DOI: <http://www.revcardiologia.sld.cu/>
25. Gauche R, Lima RM, Myers J, Gadelha AB, Neri SG, Forjaz CL, et al. Blood pressure reactivity to mental stress is attenuated following resistance exercise in older hypertensive women. *Clinical Interventions in Aging*. 2017;12:793. DOI: <https://doi.org/10.2147/CIA.S130787>.
26. Porras-Alvarez J, Bernal-Calderón MO. Variabilidad de la frecuencia cardíaca: evaluación del entrenamiento deportivo. Revisión de tema. *Duazary*. 2019;16(2):259-69. DOI: <https://doi.org/10.21676/2389783X.2750>.
27. García-Manso JM. Aplicación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca al control del entrenamiento deportivo: análisis en modo frecuencia. *Arch. de med. Deporte*. 2013[acceso 15/10/2021];30(1):43-51. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10553/75650>.
28. Rodas G, Pedret-Carballido C, Ramos J, Capdevila L. Variabilidad de la frecuencia cardíaca: Concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (I). *Arch. med. Deporte*. 2008[acceso 15/10/2021];123(25):41-7. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/46727114>.
29. Domínguez AB. Respuesta autónoma y su incidencia con el indicador de aptitud física, variabilidad de la frecuencia cardíaca y el VO2 Max en nadadores jóvenes sanos. *Revista Científica Conecta Libertad*. 2020[acceso 15/10/2021];4(1):60-74. Disponible en: <http://revistaitsl.itslibertad.edu.ec/index.php/ITSL/article/view/117/326>.
30. Raffin J, Barthélémy JC, Dupré C, Pichot V, Berger M, Féasson, L, et al. Exercise frequency determines heart rate variability gains in older people: a meta-analysis and meta-regression. *Sports Medicine*. 2019;49(5):719-29. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01097-7>.
31. Fisher JP. Autonomic control of the heart during exercise in humans: role of skeletal muscle afferents. *Experimental Physiology*. 2013;99(2):300-5. DOI: <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2013.074377>.
32. Michelini LC, O'Leary DS, Raven PB, Nóbrega AC. Neural control of circulation and exercise: a translational approach disclosing interactions between central command, arterial baroreflex, and muscle metaboreflex. *American Journal of Physiology. Heart and circulatory physiology*. 2015;309(3):381-92. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00077.2015>.
33. Fernández VA, Vargas SC, Rodríguez S, Umaña D, Ramírez A. Variabilidad de la frecuencia cardíaca como indicador de la actividad del sistema nervioso autónomo: implicaciones en el ejercicio y patologías. *Revista Médica de la Universidad de Costa Rica*. 2017[acceso

- 15/10/2021];11(1):48-64. Recuperado de: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/medica/article/view/30490/30415>.
34. Nunes JHC, Locatelli JC, Reck HB, Porto FE, Neto AF & Lopes WA. Cardiac autonomic control following resistance exercise with different set configurations in apparently healthy young men: A crossover study. *Physiology & Behavior*. 2021; 230:1-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113292>.
35. Barrero A, Schnell F, Carrault G, Kervio G, Matelot D, Carré F, et al. Daily fatigue-recovery balance monitoring with heart rate variability in well-trained female cyclists on the Tour de France circuit. *PLoS One*. 2019;14(3): 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213472>.
36. Prasertsri P, Phoemsapthawee J, Kuamsub S, Poolpol K & Boonla O. Effects of Long-Term Regular Continuous and Intermittent Walking on Oxidative Stress, Metabolic Profile, Heart Rate Variability, and Blood Pressure in Older Adults with Hypertension. *Journal of Environmental and Public Health*, 2022;1-12. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/5942947>.
37. Taskin BS, Taskin M, Taskin M & Taskin, H. Examination of heart rate variability in young swimmers. *Medicina dello Sport*, 2021;74(1):66-74. DOI: <https://doi.org/10.23736/S0025-7826.21.03595-X>.
38. Karapetian GK, Engels H, Gretebeck K, Gretebeck R. Effect of Caffeine on LT, VT and HRVT. *Int. J. Sports Med*. 2012;33:507-513. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0032-1301904>.
39. Fisher J, Young CN, Fadel PJ. Autonomic adjustments to exercise in humans. *Comprehensive Physiology*. 2011;5(2):475-512. DOI: <https://doi.org/10.1002/cphy.c140022>.
40. Leicht AS, Sinclair WH, Spinks WL. Effect of exercise mode on heart rate variability during steady state exercise. *Eur. J. Appl. Physiol*. 2008;102:195-204. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0574-9>.
41. Cunha FA, Midgley AW, Goncalves T, Soares P, Farinatti P. Parasympathetic reactivation after maximal CPET depends on exercise modality and resting vagal activity in healthy men. *SpringerPlus*. 2015;4:100. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40064-015-0882->
42. Nunes JHC, Locatelli JC, Reck HB, Porto FE, Neto AF & Lopes WA. Cardiac autonomic control following resistance exercise with different set configurations in apparently healthy young men: A crossover study. *Physiology & Behavior*, 2021;230:1-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113292>.
43. Bhati P, Moiz JA, Menon GR & Hussain ME. Does resistance training modulate cardiac autonomic control? A systematic review and meta-analysis. *Clin Auton Res*. 2019;29: 75- 103. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10286-018-0558-3>.
44. Queiroz A, Sousa J, Cavalli A, Silva J, Costa L, Tobaldini E, et al. Post-resistance exercise hemodynamic and autonomic responses: Comparison between normotensive and hypertensive men. *Scandinavian journal of medicine science in sports*. 2015;25(4):486-94. DOI: <https://doi.org/10.1111/s.s.12280>.
45. Trevizani GA, Seixas MB, Benchimol-Barbosa PR, Vianna JM, da Silva LP, Nadal J. Effect of resistance training on blood pressure and autonomic responses in treated hypertensives. *The Journal of Strength Conditioning Research*. 2018;32(5):1462-70. DOI: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001995>.
46. Vale A, Carneiro J, Jardim P, Jardim TV, Steele J, Fisher JP, et al. Acute effects of different resistance training loads on cardiac autonomic modulation in hypertensive postmenopausal women. *Journal of translational medicine*. 2018;16(1):1-9. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12967-018-1615-3>.
47. De Freitas MC, Ricci-Vitor AL, Quizzini GH, de Oliveira J, Vanderlei L, Lira FS, et al. Postexercise hypotension and autonomic modulation response after full versus split body resistance exercise in trained men. *Journal of exercise rehabilitation*. 2018;14(3):399. DOI: <https://doi.org/10.12965/jer.1836136.068>.
48. Farinatti P, da Silva Itaborahy A, de Paula T, Monteiro WD & Neves M. F. Effects of aerobic, resistance and concurrent exercise on pulse wave reflection and autonomic modulation in men with elevated blood pressure. *Scientific Reports*, 2021;11(1):1-12. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80800-5>.
49. Simões RP, Mendes RG, Castello-Simões V, Catai AM, Arena R, Borghi-Silva A. Use of heart rate variability to estimate lactate threshold in coronary artery disease patients during resistance exercise. *Journal of sports science medicine*. 2016[acceso 15/10/2021];15(4):649. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5131219/pdf/jssm-15649.pdf>.

50. Farah BQ, Rodrigues SLC, Silva GO, Pedrosa RP, Correia MA, Barros MVG, *et al.* Supervised, but Not Home-Based, Isometric Training Improves Brachial and Central Blood Pressure in Medicated Hypertensive Patients: A Randomized Controlled Trial. *Front. Physiol.* 2018; 9:961. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00961>.

51. Oliveira-Dantas FF, do Socorro Brasileiro-Santos M, Thomas SG, Silva AS, Silva DC, Browne RA, *et al.* Short-term resistance training improves cardiac autonomic modulation and blood pressure in hypertensive older women: a randomized controlled trial. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2020;34(1),37-45. DOI: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003182>.

DIRECCION PARA CORRESPONDENCIA: Luis Benavides Roca,
Universidad Católica del Maule, Chile. E-mail:
benavides.roca@gmail.com

**Los autores firmantes del manuscrito declaran no
poseer Conflicto de intereses.**



**Esta obra está bajo una [licencia de
Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial 4.0
Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).**