

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO BASADO EN VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA SOBRE LA CAPACIDAD FUNCIONAL Y LA CALIDAD DE VIDA EN PACIENTES CARDÍACOS

EFFECTS OF HEART RATE VARIABILITY-BASED TRAINING ON FUNCTIONAL CAPACITY AND QUALITY OF LIFE IN CARDIAC PATIENTS

Rut López-Osca¹ , Ignacio Martínez González-Moro² , Antonio Granero-Gallegos¹ ,
María Carrasco-Poyatos¹ 

¹ Departamento de Educación, Facultad de Ciencias de la Educación, Centro de Investigación en Salud y Administración Pública, Universidad de Almería, España

² Departamento de Fisioterapia, Facultad de Medicina, Universidad de Murcia, España

Autor para la correspondencia:

María Carrasco-Poyatos, carrasco@ual.es

Título abreviado:

Efectos del Entrenamiento en Pacientes Cardíacos

Cómo citar el artículo:

López-Osca, R., Martínez González-Moro, I., Granero-Gallegos, A., & Carrasco-Poyatos, M. (2025). Efectos del entrenamiento basado en variabilidad de la frecuencia cardíaca sobre la capacidad funcional y la Calidad de vida en pacientes cardíacos. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 20(64), 2312. <https://doi.org/10.12800/ccd.v20i64.2312>

Recibido: 2 septiembre 2024 / Aceptado: 18 febrero 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Resumen

En rehabilitación cardíaca, el entrenamiento basado en alta intensidad (HIIT) es seguro y eficaz, sin embargo no se adapta a las necesidades individuales. Por ello, el entrenamiento basado en HRV es una apuesta novedosa. El objetivo fue analizar el efecto del entrenamiento basado en HRV sobre la capacidad funcional y calidad de vida en pacientes cardíacos. Fue un ensayo controlado aleatorizado de 8 semanas con un grupo experimental que entrenó basándose en el HRV (HRV_G) y un grupo de control que siguió un entrenamiento de HIIT (HIIT_G). Se valoró la capacidad funcional mediante 3 pruebas del Senior Fitness Test; calidad de vida mediante el Cuestionario MacNew QLMI; variables de composición corporal y minutos de trabajo a alta y baja intensidad. Se utilizó el software Jamovi 2.3. Hubo diferencias significativas entre grupos, en el perímetro de cadera ($p = .010$), así como en los minutos de trabajo a alta ($p = .012$) y baja intensidad ($p = .026$). Sin embargo, ambos grupos mejoraron la capacidad funcional pero solo en HRV_G aumentó la autopercepción de calidad de vida ($p = .037$). El entrenamiento basado en HRV consigue los mismos beneficios que el HIIT con respecto a la funcionalidad y la calidad de vida con menos volumen de trabajo a alta intensidad, optimizando así la dosis de ejercicio. Sin embargo, sería necesario prolongar la duración de los programas de rehabilitación cardíaca.

Palabras clave: Variabilidad de la frecuencia cardíaca, rehabilitación cardíaca, capacidad funcional, calidad de vida, HIIT.

Abstract

In cardiac rehabilitation, high-intensity interval training (HIIT) is safe and effective, but it is not adapted to individual needs. Therefore, HRV-based training is a novel approach. The aim was to analyse the effect of HRV-based training on functional capacity and quality of life in cardiac patients. It was an 8-week randomised controlled trial with an experimental group that trained based on HRV (HRV_G) and a control group that followed HIIT training (HIIT_G). Functional capacity was assessed through three specific tests from the Senior Fitness Test; quality of life using the MacNew QLMI Questionnaire; body composition variables and minutes of work at high and low intensity. Jamovi 2.3 software was used. There were significant differences between groups in hip circumference ($p = .010$), as well as in minutes of work at high ($p = .012$) and low intensity ($p = .026$). However, both groups improved functional capacity but only HRV_G increased self-perceived quality of life ($p = .037$). HRV-based training achieves the same benefits as HIIT with respect to functionality and quality of life with less work volume at high intensity, thus optimising the exercise dose. However, the duration of cardiac rehabilitation programmes would need to be extended.

Keywords: Heart rate variability, cardiac rehabilitation, functional capacity, quality of life, HIIT.

Introducción

Las enfermedades cardiovasculares acaban con la vida de 17.9 millones de personas cada año (OMS, 2023). Son muchos los factores de riesgo que pueden incrementar la probabilidad de sufrir una enfermedad cardiovascular y están relacionados fundamentalmente con el estilo de vida (Mozaffarian et al., 2008), como los hábitos alimenticios, la inactividad física o fumar. Estos pueden generar la aparición de otros factores de riesgo, como el exceso de tejido adiposo y la disfunción endotelial y metabólica que, a su vez, favorecen la aparición de enfermedades subclínicas como dislipidemia, hipertensión, diabetes, procesos inflamatorios, trombosis o arritmias que finalmente desembocan en las patologías cardiovasculares clínicas. Además, la edad juega un papel relevante en torno a las enfermedades cardiovasculares siendo las personas de edad avanzada las principales víctimas de la mayoría de las cardiopatías (Fundación Española del Corazón, 2024) debido al deterioro progresivo de la capacidad funcional, que se asocia con un mayor número de eventos cardiovasculares y de mortalidad por todas las causas (De Oliveira-Brito et al., 2014).

A su vez, el haber pasado por una enfermedad cardiovascular y estar en tratamiento no asegura que estos factores de riesgo no sigan afectando. Estos pacientes pueden experimentar diversos síntomas físicos y emocionales como fatiga, edemas, dificultad para dormir y limitación de sus actividades físicas diarias y sociales (Konstam et al., 1996), lo que se traduce en una mala calidad de vida y una mayor tasa de hospitalización y mortalidad (Zambroski et al., 2005). Por todo ello, las necesidades y circunstancias de los pacientes con enfermedades cardiovasculares requieren de una individualización y difieren del actual funcionamiento del sistema médico (Schwartz et al., 2019). Controlar el padecimiento de una enfermedad cardiovascular únicamente mediante tratamiento farmacológico no parece suficiente para asegurar una buena recuperación y disfrute de calidad de vida (Goyal et al., 2019). Así, el ejercicio físico pasó a formar parte del proceso de rehabilitación cardíaca desde hace pocos años (Mehra et al., 2020). Son diversos los estudios que demuestran cómo el ejercicio y la actividad física resultan ser herramientas seguras y beneficiosas para mejorar la capacidad funcional y todas las variables clínicas de los pacientes con enfermedades cardiovasculares (Beckers et al., 2008; O'Connor et al., 2009; Bozkurt et al., 2021).

Dentro de los tipos de ejercicio físico que se pueden realizar, el ejercicio aeróbico es el pilar fundamental dentro de la rehabilitación cardíaca, proporcionando múltiples beneficios (Haykowsky et al., 2007). El entrenamiento aeróbico continuo a intensidad moderada es la modalidad más estudiada y utilizada, siendo eficaz, segura y bien tolerada por los pacientes (O'Connor et al., 2009). Sin embargo, estudios más actuales proponen el entrenamiento por intervalos de alta intensidad (HIIT) como alternativa más efectiva para rehabilitación cardíaca (Ballesta-García et al., 2019). Se ha demostrado que el HIIT resulta igual de seguro que el entrenamiento continuo moderado y con mayores beneficios sobre la capacidad cardiorrespiratoria y mejora del VO₂máx, además de mejorar el estado fisiológico, la calidad de vida, y la capacidad funcional en pacientes con enfermedades cardiovasculares (Bozkurt et al., 2021; Wisløff et al., 2007).

Sin embargo, utilizar un programa de ejercicio físico estandarizado para un mismo grupo puede provocar una amplia gama de reacciones en cuanto a rendimiento y adaptaciones fisiológicas (Hautala et al., 2006). Las recomendaciones de ejercicio deben adaptarse individualmente a las capacidades, precauciones y objetivos de cada persona (Galloza et al., 2017), de ahí surge una reciente y novedosa línea que se basa en el control del entrenamiento mediante la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV, por sus siglas en inglés). El HRV es el resultado de la interacción entre el Sistema Nervioso Autónomo (SNA) y el Sistema Cardiovascular, y se define como "la oscilación en el intervalo entre latidos cardíacos consecutivos así como la oscilación entre frecuencias cardíacas instantáneas consecutivas" (Task Force, 1996). Un bajo valor de HRV se relaciona con una peor adaptabilidad, enfermedad cardiovascular, envejecimiento y estrés (Rodas et al., 2008). Por tanto, el HRV tiene una relación clara con la patología cardiovascular, considerándose un potente predictor de mortalidad tras infarto agudo de miocardio (Hadaya y Ardell, 2020).

En este sentido, el entrenamiento basado en HRV resulta ser una opción no-invasiva, fiable y eficiente de programar la carga diaria de entrenamiento en pacientes con patologías cardíacas, lo que permitiría favorecer el principio de individualización del entrenamiento incluso trabajando en grupo (Carrasco-Poyatos et al., 2022). Se ha demostrado que tener en cuenta el HRV es adecuado para distinguir entre las diferentes demandas fisiológicas durante el ejercicio de resistencia y puede resultar útil para monitorizar las respuestas a diferentes intensidades y duraciones del ejercicio (Gronwald y Hoos, 2020). De hecho, en el reciente estudio de McGregor et al. (2023) recomendaron el entrenamiento de intervalos más cortos de HIIT en pacientes con patologías cardíacas debido a la dificultosa adaptabilidad a la alta intensidad de entrenamiento que han demostrado y su posible relación con eventos adversos. Así, esta metodología se ha utilizado en programas de rehabilitación cardíaca (Carrasco-Poyatos et al., 2024; Manresa-Rocamora et al., 2022) obteniendo una tendencia más beneficiosos que los programas tipo HIIT estandarizados en cuanto a la capacidad cardiorrespiratoria. También ha sido utilizada con ciclistas o corredores profesionales (Carrasco-Poyatos et al., 2022; Javaloyes et al., 2019), sin embargo, todavía no está claro su efecto sobre la capacidad funcional o la calidad de vida de personas con patologías cardíacas.

De manera resumida, y con la intención de remarcar a continuación los objetivos del presente proyecto, aunque se ha demostrado que el HIIT es un entrenamiento fiable en rehabilitación cardíaca, existen lagunas acerca de cómo individualizar de manera efectiva el entrenamiento en pacientes vulnerables, por ello el entrenamiento basado en HRV resulta un aspecto novedoso a probar y tener en cuenta en rehabilitación cardíaca y futuras investigaciones. Con el fin de demostrar la utilidad del HRV en rehabilitación cardíaca, se marcaron los siguientes objetivos: (i) analizar el efecto del entrenamiento basado en HRV sobre la capacidad funcional, la calidad de vida y parámetros relacionados con la composición corporal en pacientes tras cardiopatía isquémica comparando los resultados con un programa de entrenamiento estandarizado basado en HIIT; (ii) determinar el volumen de entrenamiento a alta y baja intensidad de ambos grupos; y (iii) analizar las relaciones entre las variables de estudio.

Material y Métodos

Diseño del Estudio

Se diseñó un ensayo controlado aleatorizado por grupos (cluster) con una duración de 8 semanas. Los pacientes eran inscritos en los grupos de rehabilitación cardíaca por los profesionales sanitarios, asignándoles aleatoriamente el trata-

miento a dichos grupos. En total se contemplaron cuatro grupos, dos de ellos conformaron el grupo experimental (HRV_G), y los otros dos, el grupo control (HIIT_G). El protocolo de ensayo fue aprobado por los Comités de Bioética de la Universidad y del Hospital y registrado en una página web oficial. La investigación se ha realizado de acuerdo a la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial y siguiendo las Normas Consolidadas de Notificación de Ensayos, extensión para estudios controlados y aleatorizados por cluster (CONSORT, por sus siglas en inglés) (Campbell et al., 2012).

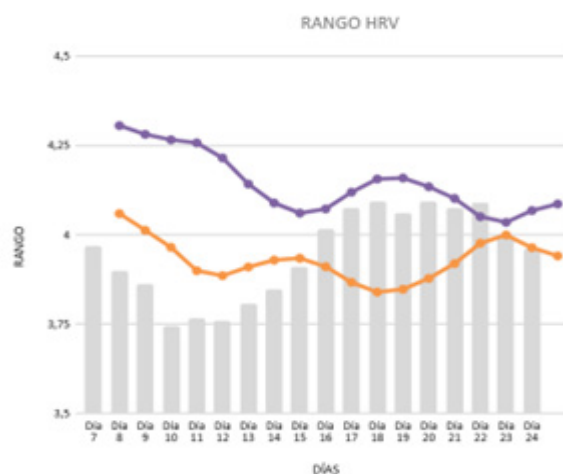
Participantes

La muestra la formaban pacientes afectados por una cardiopatía isquémica, procedentes de un hospital. Se reclutaron a los pacientes que obtuvieron el visto bueno de los especialistas en cardiología y que cumplieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión propuestos en el protocolo de Carrasco-Poyatos et al. (2022). Los criterios de inclusión fueron: (i) personas con patologías cardiovasculares clasificadas por el especialista en cardiología como de bajo o moderado riesgo en infarto agudo de miocardio o cardiopatía isquémica, (ii) que dichos pacientes precisaran de rehabilitación cardíaca, (iii) y que fueran mayores de edad. Por otro lado, los criterios de exclusión fueron: (i) fracción de eyección izquierda inferior al 30%, (ii) presencia de contraindicaciones absolutas o relativas para la realización de la prueba de esfuerzo indicadas por la Sociedad Española de Cardiología (Arós et al., 2000), incluyendo pero no limitadas a: infarto reciente (menos de 3 días), angina inestable, arritmia no controlada, insuficiencia cardíaca no estabilizada, hipertensión arterial severa (PAS>200 y/o PAD>110 mmHg); (iii) ingesta de medicación para otro tipo de patologías que les impidan realizar el programa de ejercicio (e.g.: fibromialgia, depresión, etc); (iv) ausencia de medicación para el control de la patología cardíaca o modificación de la misma durante la intervención, (v) personas que estén participando o hayan participado en los tres meses previos en otros programas de ejercicio similares, (vi) asistencia inferior al 90% de las sesiones de ejercicio, (vii) no firmar el consentimiento informado. A partir de ahí se realizó una reunión informativa de los profesionales físico-sanitarios junto con los participantes donde se les explicó la intervención y se firmó el consentimiento informado.

Intervención

Las 8 semanas del protocolo se dividieron en 2 semanas de familiarización y 6 de intervención. Las dos Semanas de familiarización consistieron en un trabajo continuo a moderada intensidad entre el 65 y 75% de la frecuencia cardíaca máxima (FCmax), iguales para ambos grupos. En las siguientes 6 semanas de intervención, el grupo HIIT_G siguió un protocolo estandarizado de HIIT por intervalos con un rango de intensidad del 85% al 100% de la FCmax. Se llegaron a realizar 8 intervalos con una densidad de 0.5. Por su parte, el HRV_G siguió un entrenamiento basado en el valor basal diario de su HRV previo al entrenamiento. Para determinar la carga de entrenamiento se siguió el esquema de Kiviniemi et al. (2007). Según este autor, cuando el valor de la medición previa al entrenamiento se encontraba dentro o por encima de los rangos individuales de normalidad, el paciente realizaba un entrenamiento a alta intensidad por intervalos, siguiendo la misma estructura que el grupo HIIT_G. Sin embargo, si el valor de HRV se encontraba por debajo de su normalidad, éste realizaba un entrenamiento continuo a baja intensidad sobre el 50-60% de la FCmax. En la Figura 1 muestra un ejemplo del registro realizado. Ambos grupos entrenaron tres días a la semana, siendo las sesiones de una hora de duración. Dividiendo la sesión en un calentamiento, de 10-15 minutos, enfocado a la preparación y movilidad de grandes grupos musculares y trabajo de tren inferior; una parte principal correspondiente a las intervenciones de cada grupo; y una vuelta a la calma a modo de recuperación. Calentamiento y vuelta a la calma fueron iguales para ambos grupos. Toda la intervención se basó en el protocolo propuesto por Carrasco-Poyatos et al. (2022).

Figura 1
Ejemplo de Valores de HRV Diarios de un Paciente del HRV_G



Nota. Las columnas hacen referencia a cada una de las mediciones diarias de HRV; la línea naranja correspondería al límite inferior y la morada al límite superior que indican su rango normal.

Variables

La variable principal fue la capacidad funcional, y las variables secundarias fueron (i) la calidad de vida, (ii) la composición corporal, y (iii) el volumen de entrenamiento. Las variables fueron evaluadas en la primera y última sesión de la intervención, excepto los minutos de trabajo a alta y baja intensidad, que fueron medidos diariamente.

Para evaluar la capacidad funcional se utilizaron tres test del Senior Fitness Test propuesto por Rikli y Jones (2013). Para medir la capacidad cardiorrespiratoria se utilizó la prueba de capacidad de marcha *6 Minutes Walk Test* (6MWT), que consistió en recorrer la máxima distancia posible andando durante 6 minutos a una velocidad que se pudiera mantener de forma continua. La agilidad y equilibrio dinámico se evaluaron mediante la prueba *Timed Up and Go* (TUG), en esta se evaluó el tiempo que el participante tardaba en levantarse de la silla, andar 3 metros, dar la vuelta a un cono y volver a sentarse lo más rápido posible, tanto por el lado derecho como por el izquierdo. Y para valorar la velocidad de la marcha se contabilizó el tiempo que tardaban en recorrer 30 metros a la máxima velocidad posible andando.

La calidad de vida se midió con el cuestionario de autopercepción de calidad de vida MacNew QLMI (Valenti et al., 1996) traducido al español por Brotons-Cuixart et al. (2000). El cuestionario se diseñó para medir las consecuencias físicas y emocionales tras haber sufrido un infarto de miocardio. Se compone de 27 ítems que se agrupan en tres planos: emocional, físico y social. La puntuación global del cuestionario fue calculada mediante la media lineal de todos los ítems. Para las variables de composición corporal se registró el peso y la talla de cada participante con una báscula con tallímetro modelo Seca 756 para, posteriormente, calcular el IMC usando la fórmula ($IMC = kg / m^2$). Los perímetros de cintura y de cadera se midieron con una cinta métrica para poder obtener el ICC ($ICC = \text{perímetro cintura} / \text{perímetro cadera}$). La masa grasa relativa se obtuvo mediante la fórmula propuesta por Woolcott y Bergman (2018) ($64 - (20 \times (\text{altura} / \text{perímetro de cintura}))$)).

Tamaño de la Muestra y Potencia

Para el cálculo del tamaño muestral y la potencia estadística se tomó como variable de referencia el TUG por ser la variable de capacidad funcional más utilizada en la literatura. Para determinar el tamaño muestral válido se utilizó la fórmula: $n = CI^2 \cdot d^2 / SD^2$, donde CI es el intervalo de confianza, d es el error estimado, y SD es la desviación estándar de estudios de referencia. Se utilizó como referencia la SD del artículo de Kamalakannan et al. (2024), que fue 1.5 s. Según esto, el tamaño muestral válido para un error estimado (d) de 0.61 es de 23 sujetos. Este tamaño muestral ($n = 23$) arrojó una potencia estadística de 91% considerando una varianza de 1. Estos cálculos se llevaron a cabo con el software RStudio 3.15.0. El nivel de significación se estableció en $p \leq .05$.

Aleatorización y Cegado

Los participantes eran asignados al programa de rehabilitación cardiaca en función del diagnóstico del cardiólogo, pasando a formar parte de un grupo. Por ello éstos no podían ser aleatorizados al tratamiento. Así, se decidió aleatorizar el tratamiento a los grupos utilizando el modelo de cluster, asumiendo un sesgo de selección. Independientemente de esto, los participantes fueron cegados con respecto al tratamiento ya que a todos se les midió el HRV antes del entrenamiento. El tratamiento de los datos y el proceso de aleatorización de los grupos fue realizado por el equipo de análisis de datos. Independientemente de esto, el consentimiento informado fue pasado individualmente antes de la aleatorización.

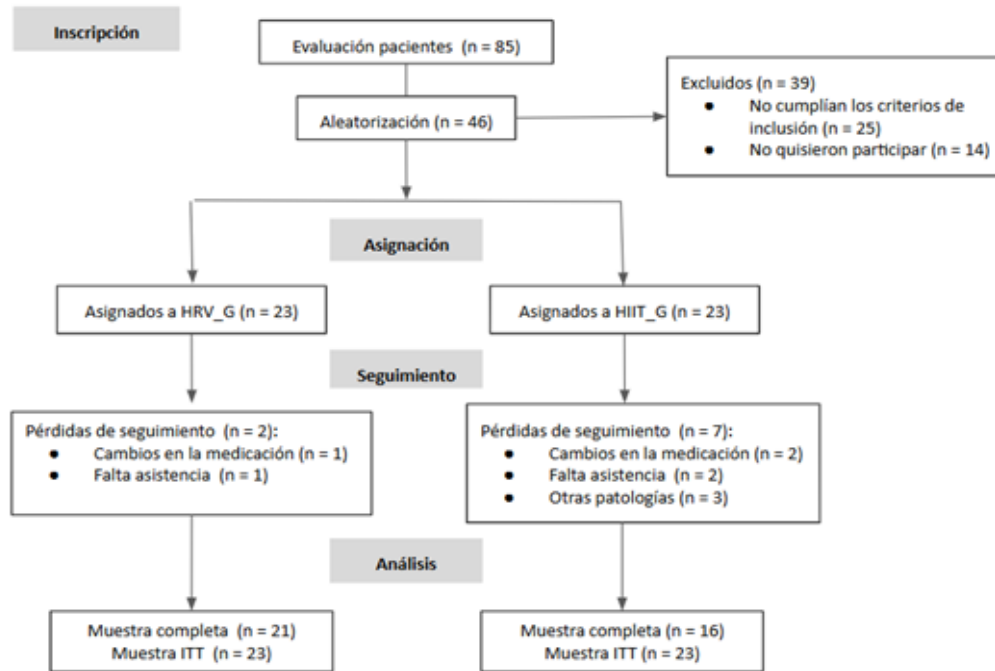
Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó con el software Jamovi (Version 2.3). Antes del análisis de datos se determinó la distribución (normalidad) de las variables mediante el test Kolmogorov-Smirnov. Dados los resultados, se aplicaron pruebas paramétricas para las variables con distribución normal y pruebas no paramétricas para las variables con distribución no normal. En primer lugar, se llevó a cabo un análisis descriptivo de las variables de la muestra, que se presentará como media, desviación típica (DT) y rango. Dado que es un estudio controlado y aleatorizado, se empleó la técnica intention-to-treat para eliminar el sesgo de la muerte experimental. Inicialmente se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos de estudio en las variables edad y calidad de vida, por lo que éstas fueron utilizadas como co-variables en el análisis inter-grupos post-test utilizando la prueba ANCOVA de un factor para controlar el efecto de las mismas. Los cambios intra-grupos fueron determinados con la prueba t de student o U de Mann Withney. En todos los casos se incluyó el 95% del intervalo de confianza y la diferencia de medias estandarizada (d Cohen) para determinar la magnitud del efecto (Hopkins et al., 2009), considerándose de 0.20 a 0.49 un efecto pequeño, de 0.50 a 0.79 un efecto moderado, y de 0.80 a 1 un efecto grande. Se utilizó una correlación bivariada de Pearson (r) para evaluar las relaciones entre las variables. Los umbrales de correlación fueron 0.1, pequeño; 0.3, moderado; 0.5, grande; 0.7, muy grande; y 0.9, casi perfecto (Hopkins et al., 2009). El nivel de significación se fijó en $p \leq 0.05$ y todos los valores de p fueron de 2 colas.

Resultados

Se tuvieron en cuenta y examinaron a 85 pacientes, quedando al final 46 participantes que fueron divididos de forma aleatoria en HRV_G ($n = 23$) y HIIT_G ($n = 23$). Tras la intervención, y teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión, quedaron 21 participantes en HRV_G y 16 participantes en HIIT_G. Los motivos de las pérdidas del seguimiento así como este proceso quedan reflejados en la Figura 2.

Figura 2
Diagrama de Flujo



En la Tabla 1 y 2 se describen los valores iniciales para cada variable y grupo. En ella, además, se señalan las diferencias significativas entre grupos encontradas en la pre-intervención en el cuestionario MacNew de calidad de vida ($p = .012$) y en la edad ($p = .011$). En concreto, el grupo HIIT_G era más joven y presentó mejores puntuaciones de calidad de vida que el grupo HRV_G. Por ello, y como se indica en la metodología, ambas variables fueron utilizadas como covariables en el posterior análisis.

Tabla 1
Estadísticos Descriptivos de las Variables de Composición Corporal y Diferencias Entre Grupos pre-intervención

Variables	Grupo	n (ITT)	n (completa)	Media	DT	Mínimo	Máximo
Edad (años)	HIIT_G	23	16	50.74 *	10.61	23.00	72.00
	HRV_G	23	21	58.83	9.93	41.00	77.00
Peso (kg)	HIIT_G	23	16	88.44	14.16	52.50	115.10
	HRV_G	23	21	80.28	11.24	60.20	103.40
Talla (m)	HIIT_G	23	16	1.74	0.07	1.61	1.85
	HRV_G	23	21	1.71	0.09	1.42	1.85
IMC (kg/m ²)	HIIT_G	23	16	29.15	3.82	20.25	35.41
	HRV_G	23	21	27.40	3.29	20.92	32.63
Cintura (cm)	HIIT_G	23	16	100.97	11.67	78.00	121.20
	HRV_G	23	21	99.07	8.54	80.90	114.10
Cadera (cm)	HIIT_G	23	16	104.96	8.18	88.50	120.50
	HRV_G	23	21	102.24	5.99	92.10	116.50
ICC	HIIT_G	23	16	0.96	0.07	0.77	1.07
	HRV_G	23	21	0.97	0.04	0.87	1.04
RFM	HIIT_G	23	16	29.15	3.89	22.65	34.82
	HRV_G	23	21	29.20	3.59	18.26	33.28

Nota. IMC = índice de masa corporal; ICC = índice cintura-cadera; RFM = masa grasa relativa. * = existen diferencias estadísticamente significativas ($p \leq .05$) entre los grupos.

EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO BASADO EN VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA SOBRE LA CAPACIDAD FUNCIONAL Y LA CALIDAD DE VIDA EN PACIENTES CARDÍACOS

Rut López-Osca et al.

En el post-test hubo diferencias significativas entre grupos en las variables peso ($p = .031$), perímetro de cadera ($p = .010$), minutos de trabajo a alta intensidad ($p = .012$) y minutos de trabajo a baja intensidad ($p = .026$). Si tenemos en cuenta los efectos entre grupos ajustados por las variables edad y MacNew, hubo diferencias significativas en las variables IMC ($X_{\text{dif}} = 1.85 \pm .65$; $p = .040$; $d = .096$), perímetro de cadera ($X_{\text{dif}} = 13.47 \pm 21.22$; $p = .008$; $d = .156$), y minutos de trabajo a alta intensidad ($X_{\text{dif}} = 26.6 \pm 17.1$; $p = .047$; $d = .091$). La Tabla 3 muestra las diferencias entre grupos, tanto ajustadas como sin ajustar por covariables.

Tabla 2

Estadísticos Descriptivos de las Variables de Calidad de Vida y Capacidad Funcional y Diferencias Entre Grupos pre-intervención

Variables	Grupo	n (ITT)	n (completa)	Media	DT	Mínimo	Máximo
McNew (puntos)	HIIT_G	23	16	5.75 *	0.70	3.92	6.98
	HRV_G	23	21	4.73	1.39	1.07	6.40
TUG (s)	HIIT_G	23	16	5.844	1.04	4.04	7.54
	HRV_G	23	21	6.41	1.53	5.04	12.08
Vmar (s)	HIIT_G	23	16	15.22	1.89	11.90	21.25
	HRV_G	23	21	15.44	2.65	10.48	25.43
6MWT (m)	HIIT_G	23	16	550.45	57.65	433.90	654.00
	HRV_G	23	21	537.10	112.09	235.50	730.00

Nota. McNew = cuestionario de calidad de vida; TUG = Timed Up and Go; Vmar = velocidad de la marcha; 6MWT= test de resistencia aeróbica de seis minutos. * = existen diferencias estadísticamente significativas ($p \leq .05$) entre los grupos.

En cuanto a las diferencias intra grupos, ambos grupos (HIIT_G y HRV_G) mejoraron significativamente el perímetro de cintura (HIIT_G, $\Delta = 0.95 \pm 0.82$ cm, $p = .012$; HRV_G, $\Delta = 1.14 \pm 0.71$ cm, $p = .028$), el ICC (HIIT_G, $\Delta = 0.01 \pm 0.0$ cm, $p = .031$; HRV_G, $\Delta = 0.01 \pm 0.0$ cm, $p = .043$), la RFM (HIIT_G, $\Delta = 0.28 \pm 0.17$ %, $p = .018$; HRV_G, $\Delta = 0.45 \pm 0.19$ %, $p = .016$) y las tres pruebas del Senior Fitness Test: TUG (HIIT_G, $\Delta = 0.43 \pm 0.12$ s, $p = .004$; HRV_G, $\Delta = 0.8 \pm 0.22$ s, $p = <.001$), Vmar (HIIT_G, $\Delta = 0.83 \pm 0.44$ s, $p = .011$; HRV_G, $\Delta = 1.39 \pm 0.46$ s, $p = <.001$) y 6MWT (HIIT_G, $\Delta = -58 \pm 35.73$ m, $p = .003$; HRV_G, $\Delta = -78.14 \pm 36.97$ m, $p = .002$). Sin embargo, solo el grupo HRV_G aumentó (mejoró) la puntuación en el cuestionario McNew de calidad de vida ($\Delta = -0.58 \pm 0.25$ puntos, $p = .037$). Se puede comprobar en las tablas 3 y 4.

Con respecto a las relaciones entre variables en toda la muestra, se obtuvo una correlación significativa y directa entre la prueba del Timed Up and Go y los minutos de trabajo a alta intensidad ($p = .007$, $r = 0.391$, $r^2 = 0.153$).

Tabla 3

Diferencias Intra-Grupos de las Variables de Composición Corporal

Variables	n (ITT)	n (completa)	Pre - intervención		Post - intervención		Efectos intra - grupos sin ajustar			
			Media	DT	Media	DT	p	Intervalo de confianza 95%		Tamaño del efecto
								Inferior	Superior	
Peso (kg)										
HIIT_G	23	16	88.44	14.16	88.64	14.32	.482	-0.56	0.26	-0.15
HRV_G	23	21	80.28	11.24	80.20	11.10	.754	-0.34	0.47	0.07
Índice de masa corporal (kg/m²)										
HIIT_G	23	16	29.15	3.82	29.22	3.91	.481	-0.56	0.26	-0.15
HRV_G	23	21	27.40	3.29	27.37	3.26	.757	-0.34	0.47	0.07
Waist circumference (cm)										
HIIT_G	23	16	100.97	11.67	100.02	10.85	.012 *	0.12	1.01	0.57
HRV_G	23	21	99.07	8.54	97.93	9.25	.028 *	0.05	0.92	0.49
Perímetro cintura (cm)										
HIIT_G	23	16	104.96	8.18	105.34	8.07	.356	-0.61	0.22	-0.20
HRV_G	23	21	102.24	5.99	91.87	29.29	.082	-0.05	0.80	0.38
Índice cintura - cadera (cm)										
HIIT_G	23	16	0.96	0.07	0.95	0.07	.031 *	0.04	0.91	0.48
HRV_G	23	21	0.97	0.04	0.98	0.04	.043 *	-0.87	-0.01	-0.45
Masa grasa relativa (%)										
HIIT_G	23	16	29.15	3.89	28.87	3.72	.018 *	0.09	0.96	0.53
HRV_G	23	21	29.20	3.59	28.75	3.78	.016 *	0.10	0.98	0.55

Nota. * = existen diferencias estadísticamente significativas ($p \leq .05$) entre los grupos.

Tabla 4
Diferencias Intra-Grupos de las Variables de Calidad de Vida, Capacidad Funcional

Variables	n (ITT)	n (completa)	Pre - intervención		Post - intervención		Efectos intra - grupos sin ajustar			
			Media	DT	Media	DT	p	Intervalo de confianza 95%		Tamaño del efecto
								Inferior	Superior	
Timed Up and Go Test (s)										
HIIT_G	23	16	5.844	1.04	5.41	0.92	.004 *	0.21	1.12	0.67
HRV_G	23	21	6.41	1.53	5.61	1.75	<.001 *	0.61	1.67	1.15
Test de Velocidad de la Marcha (s)										
HIIT_G	23	16	15.22	1.89	14.39	2.33	.011 *	0.13	1.01	0.58
HRV_G	23	21	15.44	2.65	14.05	3.11	<.001 *	0.41	1.39	0.91
6 Minutes Walk Test (m)										
HIIT_G	23	16	550.45	57.65	608	93.38	.003 *	-1.16	-0.25	-0.71
HRV_G	23	21	537.10	112.09	615.24	75.12	.002 *	-1.18	-0.26	-0.73
Cuestionario MacNew QLMI										
HIIT_G	23	16	5.75	0.70	5.79	0.74	.835	-0.45	0.37	-0.04
HRV_G	23	21	4.73	1.39	5.31	1.14	.037 *	-0.89	-0.03	-0.46

Nota. * = existen diferencias estadísticamente significativas ($p \leq .05$) entre los grupos.

Discusión

En este estudio se pretendió analizar el efecto de un programa de rehabilitación cardíaca basado en HRV sobre la capacidad funcional, la calidad de vida y parámetros de composición corporal tras cardiopatía isquémica, comparando los resultados con un programa estandarizado tipo HIIT, y determinando la influencia del volumen de entrenamiento a alta o baja intensidad en los resultados. Tras los programas de entrenamiento, ambos grupos experimentaron una mejora significativa en los tests de capacidad funcional, así como en las variables perímetro de cintura, ICC y RFM. En ninguno de los casos estos cambios estuvieron influidos por la edad o por la calidad de vida. Además, el grupo HRV_G mostró una mejora significativa en la autopercepción de la calidad de vida. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en estas variables a pesar de eliminar el efecto de las covariables (edad y calidad de vida). Sin embargo, el volumen de entrenamiento a alta intensidad fue estadísticamente superior en el grupo HIIT_G, y éste correlacionó con una mejor agilidad en toda la muestra.

Tanto HIIT_G como HRV_G mejoraron significativamente intra-grupos la capacidad funcional. Son diversos los estudios que analizan el entrenamiento a diferentes intensidades en rehabilitación cardíaca durante 12 semanas sobre la capacidad funcional, obteniendo mejoras en todos los grupos en la prueba de los 6 minutos andando (Chen et al., 2018; Reed et al., 2022). Demostrando, como indican Reed et al. (2022) que todos los programas de ejercicio fueron beneficiosos, atendidos y seguros. Incluso en otro tipo de rehabilitaciones, como el caso de las lesiones musculoesqueléticas, se ha comparado el entrenamiento de HIIT y de intensidad moderada durante 6 semanas, demostrando una mejora significativa en el Timed Up and Go Test para el grupo que entrenó a alta intensidad (Kamalakkannan et al., 2024). A la luz de los resultados de los diferentes estudios, se puede comprobar que tanto intensidades altas como moderadas, así como diferentes volúmenes de entrenamiento generan beneficios en la capacidad funcional de personas con patologías cardíacas así como de otro tipo de poblaciones. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la capacidad funcional entre los grupos de entrenamiento, por lo que no se puede determinar que una metodología de entrenamiento haya sido más favorable que la otra. Siguiendo a Lorenz y Morrison (2015), se necesitaría una duración mayor de los programas de rehabilitación cardíaca, una sobrecarga progresiva, periodización y una manipulación de las variables de entrenamiento para provocar adaptaciones específicas y obtener así resultados más concretos para los objetivos marcados.

En este sentido, es interesante puntualizar que en nuestro estudio se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa en la cantidad de minutos de entrenamiento a alta intensidad, siendo el HIIT_G el que desarrolló más volumen a alta intensidad en el cómputo total de la intervención. Este resultado también se ha obtenido en otros estudios que compararon una metodología de entrenamiento basada en HRV con otra según el método tradicional realizados con deportistas profesionales (Javaloyes et al., 2019; Carrasco-Poyatos et al., 2022), pero no lo podemos comparar con el de Manresa-Rocamora et al. (2022), realizado con pacientes con patología isquémica dado que no aportaron dichos datos. Esto aporta un dato relevante a los resultados encontrados dado que ambos grupos mejoraron la capacidad funcional a pesar de que uno de

ellos (HRV_G) entrenó menos minutos a alta intensidad. En este sentido, la literatura relativa al tema ha concluido que el entrenamiento a alta intensidad es seguro y eficaz para mejorar la capacidad funcional en pacientes con enfermedades crónicas y patologías cardiovasculares (Dun et al., 2019; Ross et al., 2016; Taylor et al., 2020); sin embargo, la individualización del entrenamiento se resalta en las recomendaciones de las últimas investigaciones sobre rehabilitación cardíaca (Li et al., 2021; McGregor et al., 2023), que puntualizan que uno de los aspectos para mejorar las intervenciones y optimizar su efecto es adaptar las cargas a las capacidades individuales de cada paciente. Según los resultados de nuestro estudio, y de acuerdo con Behrens et al. (2015), el HRV puede servir como herramienta de individualización del entrenamiento. Todo esto le da relevancia al principio de individualización de las cargas ya que, adaptar la intensidad del ejercicio al nivel de condición física del paciente y a su estado fisiológico basal va a permitir influir en su recuperación (Seiler et al., 2007) y, como indican Ross et al. (2016), es fundamental para alcanzar el éxito de la prescripción del ejercicio individual. Además, si tenemos en cuenta la correlación encontrada en la prueba del Timed Up and Go y en los minutos de trabajo a alta intensidad, donde a más minutos de trabajo a alta intensidad, mejor agilidad; se vuelve más evidente la necesidad de trabajo a alta intensidad. Esto unido a la relevancia del uso del HRV como variable de control e individualización del entrenamiento sugiere que los programas de rehabilitación cardíaca deberían ser de una duración superior a 8 semanas para garantizar unos resultados óptimos.

Sólo el HRV_G mejoró significativamente intra-grupos la puntuación del cuestionario MacNew de calidad de vida. Aunque se ha demostrado que la participación en programas de rehabilitación cardíaca, independientemente del entrenamiento que se realice, mejora la calidad de vida de los pacientes (Dibben et al., 2023; Ul-Haq et al., 2019), existe una relación clara entre calidad de vida, depresión, disfunción del sistema nervioso autónomo y HRV, convirtiéndose de esta manera, el HRV en un fuerte predictor de mortalidad en pacientes cardíacos (Carney y Freedland, 2009). Es por ello, que el HRV podría explicar una parte sustancial el riesgo asociado a una mala autopercepción y depresión en las enfermedades cardiovasculares (Carney y Freedland, 2009). Al trabajar según el valor basal de HRV, se abordaría indirectamente la disfunción del sistema nervioso asociada a esa mala autopercepción y calidad de vida, lo que explicaría por qué el HRV_G obtuvo mejoras estadísticamente significativas en el cuestionario de calidad de vida.

En cuanto a las variables de composición corporal, ambos grupos mejoran el perímetro de cintura, índice cintura-cadera y masa grasa relativa intra grupos, pero solo presentaron diferencias significativas entre grupos en el perímetro de cadera. Resultados similares se obtienen en el artículo de Son et al. (2017), donde estudiaron el efecto del entrenamiento aeróbico a moderada intensidad en mujeres con hipertensión, siendo de una edad similar y entrenando 3 veces a la semana. Otro estudio realizado en 2023, analizó el efecto de un entrenamiento de HIIT de 4 semanas sobre los factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares en adolescentes; no obtuvieron diferencias significativas entre grupos sobre la variable de composición corporal analizada, en este caso, la masa grasa relativa (Kranen et al., 2023). Todos estos resultados son difíciles de atribuir y justificar únicamente a la intervención de ejercicio físico. Aunque se ha demostrado que, tanto el entrenamiento a moderada como a alta intensidad pueden mostrar efectos similares sobre la composición corporal (Wewege et al., 2017), existen otros factores como la alimentación, que afectan considerablemente tanto a estas variables de composición corporal, como a la enfermedad cardiovascular (Salehin et al., 2023). Por tanto, se necesitaría un programa de ejercicio físico de mayor duración y un control exhaustivo de otras variables relacionadas para obtener resultados más determinantes.

Este estudio presenta diferentes limitaciones. En primer lugar, el escaso tamaño muestral, ya que se dependía de las derivaciones de la planta de cardiología. No poder controlar otra serie de variables, como la alimentación, que también condiciona los resultados, en particular, los resultados relacionados con las variables de composición corporal. Y no contar con material que permitiera medir el valor de HRV en tiempo real para obtener las tres mediciones de HRV, *resting*, *reactivity* y *recovery* (Laborde et al., 2018), además de poder incluir gráficas que reflejaran el control de la FC en los intervalos de entrenamiento en próximas investigaciones. Futuros estudios podrían tener en cuenta un mayor número de participantes, tener en cuenta la edad y la calidad de vida de los participantes para asignar la dosis de ejercicio, ser de una duración superior a 8 semanas, o también analizar el efecto del entrenamiento basado en HRV en programas de rehabilitación y entrenamiento en pacientes con otro tipo de patologías como pueden ser pacientes oncológicos.

Conclusiones

El entrenamiento basado en HRV produce mejoras en la capacidad funcional, la calidad de vida y parámetros relacionados con la composición corporal en pacientes tras cardiopatía isquémica, al igual que el entrenamiento basado en HIIT. Sin embargo, estos cambios se consiguieron con menor tiempo de trabajo a alta intensidad en el grupo HRV_G y llevando a cabo una individualización del entrenamiento según las necesidades de cada paciente, por lo que no haría falta trabajar todas las sesiones a una intensidad alta de ejercicio para obtener beneficios y adaptaciones para la salud. Por otro lado, el volumen de entrenamiento a alta intensidad se relaciona con una mejor agilidad, lo que sugiere prolongar las intervenciones con este tipo de entrenamiento en pacientes con patologías cardíacas. Adicionalmente, se deberán tener en cuenta

factores como la edad y la autopercepción de la calidad de vida a la hora de programar una intervención de ejercicio físico en pacientes que hayan pasado por infarto agudo de miocardio, además de atender al principio de individualización a la hora de prescribir ejercicio físico en rehabilitación cardíaca.

Se convierte así el entrenamiento basado en HRV en una herramienta fiable y válida para individualizar el entrenamiento incluso entrenando en grupo. Proporcionando una herramienta no invasiva para utilizar en programas de rehabilitación, centros de entrenamiento y readaptación e incluso a nivel educativo.

Declaración del Comité de Ética

El estudio se realizó siguiendo la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Bioética de la Universidad de Almería (UALBIO2019/026) y registrado en ClinicalTrials.gov: NCT04150952.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

Financiación

Este artículo se ha financiado con PPIT-UAL, Junta de Andalucía-FEDER 2021-2027. Objetivo RSO1.1. Programa: 54.A. Este trabajo está asociado al PROYECTO DE INTERCAMBIO DE EXPERIENCIAS PROFESIONALES, titulado Intervención motriz basada en la modulación neurológica para una rehabilitación oncológica integral, financiado por el Vicerrectorado de Posgrado y Relaciones Internacionales de la Universidad de Almería, y en colaboración con el Centro Ernesto Jover Entrenamiento.

Contribución de los Autores

Conceptualización MCP; Metodología MCP; Software AGG y MCP; Validación RLO; Análisis formal RLO, AGG y MCP; Investigación RLO; Recursos IMGM y AGG; Análisis de datos RLO; Escritura: borrador original RLO y MCP; Escritura: revisión y edición IMGM y AGG; Visualización AGG y MCP; Supervisión MCP; Administración de proyectos MCP; Adquisición de fondos MCP. Todos los autores han leído y están de acuerdo con la versión publicada del manuscrito.

Declaración de Disponibilidad de Datos

Los datos no se encuentran disponibles debido a restricciones éticas y de privacidad. Los datos pueden estar disponibles bajo demanda al autor de correspondencia (carrasco@ual.es).

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración del equipo humano del servicio de rehabilitación cardíaca del Hospital Universitario Torrecárdenas de Almería, así como a todos los pacientes que han accedido a participar en este estudio.

Referencias

- Arós, F., Boraita, A., Alegría, E., Alonso, Á. M., Bardají, A., Lamiel, R., Luengo, E., Rabadán, M., Alijarde, M., Aznar, J., Baño, A., Cabañero, M., Calderón, M., Comprubí, M., Candell, J., Crespo, M., de la Morena, G., Fernández, A., Ferrero, J. A.,... & Wilke, M. (2000). Guías de práctica clínica de la sociedad Española de cardiología en pruebas de esfuerzo. *Revista Española de Cardiología*, 53(8), 1063–1094. [https://doi.org/10.1016/s0300-8932\(00\)75210-9](https://doi.org/10.1016/s0300-8932(00)75210-9)
- Ballesta-García, I., Rubio-Aria, J., Ramos-Campo, D. J., Martínez-González-Moro, I., & Carrasco- Poyatos, M. (2019). High-intensity interval training dosage for heart failure and coronary artery disease cardiac rehabilitation. A systematic review and meta-analysis. *Revista Española de Cardiología*, 72(3), 233-243. <https://www.revespcardiol.org/es-dosis-ejercicio-intervalico-alta-intensidad-articulo-S0300893218300915>
- Beckers, P. J., Denollet, J., Possemiers, N. M., Wuyts, F. L., Vrints, C. J., & Conraads, V. M. (2008). Combined endurance-resistance training vs. endurance training in patients with chronic heart failure: a prospective randomized study. *European Heart Journal*, 29(15), 1858-66. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehn222>
- Behrens, K., Hottenrott, K., Weippert, M., Montanus, H., Kreuzfeld, S., Rieger, A., Lübke, J., Werdan, K., & Stoll, R. (2015). Individualization of exercise load control for inpatient cardiac rehabilitation. Development and evaluation of a HRV-based intervention program for patients with ischemic heart failure. *Herz*, 40(1), 61-69. <https://doi.org/10.1007/s00059-013-4037-2>
- Bozkurt, B., Fonarow, G., Goldberg, L. R., Guglin, M., Josephson, R. A., Forman, D. E., Lin, G., Lindenfeld, J., O'Connor, C., Panjrath, G., Piña, I. L., Shah, T., Sinha, S. S., Wolfel, E., & ACC's Heart Failure and Transplant Section and Leadership

- Council. (2021). Cardiac Rehabilitation for patients with heart failure: JACC Expert Panel. *Journal of the American College of Cardiology*, 77(11), 1454-1469. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.01.030>
- Brotons-Cuixart, C., Ribera-Solé, A., Permanyer Miralda, G., Cascant-Castelló, P., Moral-Peláez, I., Pinar-Sopena, J., & Oldridge, N. B. (2000). Adaptación del cuestionario de calidad de vida postinfarto MacNew OLMi para su uso en la población española. *Medicina Clínica*, 115(20), 768-771. [https://doi.org/10.1016/S0025-7753\(00\)71687-3](https://doi.org/10.1016/S0025-7753(00)71687-3)
- Campbell, M. K., Piaggio, G., Melbourne, D. R., Altman, D. G., & CONSORT Group. (2012). Consort 2010 statement: extension to cluster randomised trials. *BMJ*, 345, e5661. <https://doi.org/10.1136/bmj.e5661>
- Carney, R. M., & Freedland, K. E. (2009). Depression and heart rate variability in patients with coronary heart disease. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 76(2), S13-S17. <https://doi.org/10.3949/ccjm.76.s2.03>
- Carrasco-Poyatos, M., González-Quílez, A., Altini, M., & Granero-Gallegos, A. (2022). Heart rate variability-guided training in professional runners: Effects on performance and vagal modulation. *Physiology and Behavior*, 244, 113654. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2021.113654>
- Carrasco-Poyatos, M., López-Osca, R., Martínez-González-Moro, I., & Granero-Gallegos, A. (2024). HRV-guided training vs traditional HIIT training in cardiac rehabilitation: a randomized controlled trial. *Geroscience*, 46(2), 2093-2106. <https://doi.org/10.1007/s11357-023-00951-x>
- Chen, Y. W., Wang, C. Y., Lai, Y. H., Liao, Y. C., Wen, Y. K., Chang, S. T., Huang, J. L., & Wu, T. J. (2018). Home-based cardiac rehabilitation improves quality of life, aerobic capacity, and readmission rates in patients with chronic heart failure. *Medicine*, 97(4), e9629. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000009629>
- De Oliveira Brito, L. V., Maranhao Neto, G. A., Moraes, H., Emerick, R. F., & Deslandes, A. C. (2014). Relationship between level of independence in activities of daily living and estimated cardiovascular capacity in elderly women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 59(2), 367-71. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2014.05.010>
- Dibben, G. O., Faulkner, J., Oldridge, N., Rees, K., Thompson, D. R., Zwisler, A. D., & Taylor, R. S. (2023). Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease: a meta-analysis. *European Heart Journal*, 44(6), 452-469. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac747>
- Dun, Y., Smith, J. R., Liu, S., & Olson, T. P. (2019). High-intensity interval training in cardiac rehabilitation. *Clinics in Geriatric Medicine*, 35(4), 469-487. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2019.07.011>
- Fundación Española del Corazón. (2024). *Factores de riesgo*. <https://fundaciondelcorazon.com/prevencion/riesgo-cardiovascular.html>
- Galloza, J., Castillo, B., & Micheo, W. (2017). Benefits of exercise in the older population. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 28(4), 659-669. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2017.06.001>
- Gronwald, T., & Hoos, O. (2020). Correlation properties of heart rate variability during endurance exercise: A systematic review. *Annals of Noninvasive Electrocadiology*, 25(1), e12697. <https://doi.org/10.1111/anec.12697>
- Goyal, P., Gorodeski, E. Z., Marcum, Z. A., & Forman, D. E. (2019). Cardiac rehabilitation to optimize medication regimens in heart failure. *Clinics in Geriatric Medicine*, 35(4), 549-560. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2019.06.001>
- Hadaya, J., & Ardell, J. L. (2020). Autonomic Modulation for Cardiovascular Disease. *Frontiers in Physiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.617459>
- Haykowsky, M. J., Liang, Y., Pechter, D., Jones, L. W., McAlister, F. A., & Clark, A. M. (2007). A meta-analysis of the effect of exercise training on left ventricular remodeling in heart failure patients: the benefit depends on the type of training performed. *Journal of the American College of Cardiology*, 49(24), 2329-36. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2007.02.055>
- Hautala, A. J., Kiviniemi, A. M., Mäkilä, T. H., Kinnunen, H., Nissilä, S., Huikuri, H. V., & Tulppo, M. P. (2006). Individual differences in the responses to endurance and resistance training. *European Journal of Applied Physiology*, 96(5), 535-542. <https://doi.org/10.1007/S00421-005-0116-2>
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3-13. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31818cb278>
- Javaloyes, A., Sarabi, J. M., Lamberts, R. P., & Moya-Ramon, M. (2019). Training prescription guided by heart-rate variability in cycling. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(1), 23-32. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0122>
- Kamalakkannan, M., Josyula, S., Augustina, J. S., Naveen, M., Hariharan, J., Vignesh, J., Karthikeyan, P., & Alagesan, J. (2024). Comparative analysis of high-intensity interval training and traditional rehabilitation programs for accelerated recovery from musculoskeletal injuries. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 37(2), 437-443. <https://doi.org/10.3233/bmr-230146>
- Kiviniemi, A. M., Hautala, A. J., Kinnunen, H., & Tulppo, M. P. (2007). Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. *European Journal of Applied Physiology*, 101(6), 743-751. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0552-2>

- Konstam, V., Salen, D., Pouleur, H., Kostis, J., Gorkin, L., Shumaker, S., Mottard, I., Woods, P., Konstam, M. A., & Yusuf, S. (1996). Baseline quality of life as a predictor of mortality and hospitalization in 5,025 patients with congestive heart failure. *The American Journal of Cardiology*, 78(8), 890-895. [https://doi.org/10.1016/S0002-9149\(96\)00463-8](https://doi.org/10.1016/S0002-9149(96)00463-8)
- Kranen, S. H., Oliveira, R. S., Bond, B., Williams, C. A., & Barker, A. R. (2023). The effect of 4 weeks of high-intensity interval training and 2 weeks of detraining on cardiovascular disease risk factors in male adolescents. *Experimental Physiology*, 108(4), 595-606. <https://doi.org/10.1113/ep090340>
- Laborde, S., Mosley, E., & Mertgen, A. (2018). Vagal tank theory: the three Rs of cardiac vagal control functioning - resting, reactivity, and recovery. *Frontiers in Neuroscience*, 12, 458. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00458>
- Li, J., Li, Y., Gong, F., Huang, R., Zhang, Q., Liu, Z., Lin, J., Li, A., Lv, Y., & Cheng, Y. (2021). Effect of cardiac rehabilitation training on patients with coronary heart disease: a systematic review and meta-analysis. *Annals of Palliative Medicine*, 10(11), 11901-11909. <https://doi.org/10.21037/apm-21-3136>
- Lorenz, D., & Morrison, S. (2015). Current concepts in periodization of strength and conditioning for the sports physical therapist. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(6), 734-47. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc4637911/>
- Manresa-Rocamora, A., Sarabia, J. M., Guillen-Garcia, S., Pérez-Berbel, P., Miralles-Vicedo, B., Roche, E., Vicente-Salar, N., & Moya-Ramón, M. (2022). Heart rate variability-guided training for improving mortality predictors in patients with coronary artery disease. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 10463. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710463>
- Mcgregor, G., Powell, R., Begg, B., Birkett, S. T., Nichols, S., Ennis, S., McGuire, S., Prosser, J., Fiassam, O., Hee, S. W., Hamborg, T., Banerjee, P., Hartfiel, N., Charles, J. M., Edwards, R. T., Drane, A., Ali, D., Osman, F., He, H., Lachlan, T., Haykowsky, M. J., Ingle, L., & Shave, R. (2023). High-intensity interval training in cardiac rehabilitation: a multi-centre randomized controlled trial. *European journal of Preventive Cardiology*, 30(9), 745-755. <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwad039>
- Mehra, M. R., Desai, S. S., Kuy, S., Henry, T. D., & Patel, A. N. (2020). Cardiovascular disease, drug therapy, and mortality in Covid-19. *The New England Journal of Medicine*, 382(25), e102. <https://doi.org/10.1056/nejmoa2007621>
- Mozaffarian, D., Wilson, P. W. F., Kannel, W. B. (2008). Beyond established and novel risk factors: lifestyle risk factors for cardiovascular disease. *Circulation*, 117(23), 3031-3038. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.107.738732>
- O'Connor, C. M., Whellan, D. J., Lee, K. L., Keteyian, S. J., Cooper, L. S., Ellis, S. J., Leifer, E. S., Kraus, W. E., Kitzman, D. W., Blumenthal, J. A., Rendall, D. S., Houston-Miller, N., Fleg, J. L., Schulman, K. A., McKeive, R. S., Zannad, F., Piña, I. L., & HF-ACTION Investigators. (2009). Efficacy and safety of exercise training in patients with chronic heart failure: HF-ACTION randomized controlled trial. *JAMA*, 301(14), 1439-50. <https://doi.org/10.1001/jama.2009.454>
- Organización Mundial de la Salud. (16 de septiembre de 2023). *Enfermedades no transmisibles*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
- Reed, J. L., Terada, T., Cotie, L. M., Tulloch, H. E., Leenen, F. H., Mistura, M., Hans, H., Wang, H. W., Vidal-Almela, S., Reid, R. D., & Pipe, A. L. (2022). The effects of high-intensity interval training, Nordic walking and moderate-to-vigorous intensity continuous training on functional capacity, depression and quality of life in patients with coronary artery disease enrolled in cardiac rehabilitation: A randomized controlled trial (CRX study). *Progress in Cardiovascular Disease*, 70, 73-83. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2021.07.002>
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013). Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standards for maintaining physical independence in later years. *The Gerontologist*, 53(2), 255-67. <https://doi.org/10.1093/geront/gns071>
- Rodas, G., Pedret, C., Ramos-Castro, J., & Capdevila, L. (2008). Variabilidad de la frecuencia cardiaca: Concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (I). *Archivos de Medicina del Deporte*, 25(123), 41-47. https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Variabilidad_41_123.pdf
- Ross, L. M., Porter, R. R., & Durstine, J. L. (2016). High-intensity interval training (HIIT) for patients with chronic diseases. *Journal of sport and health science*, 5(2), 139-144. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2016.04.005>
- Salehin, S., Rasmussen, P., Mai, S., Mushtaq, M., Agarwal, M., Hasan, S. M., Salehin, S., Raja, M., Gilani, S., & Khalife, W. I. (2023). Plant based diet and its effect on cardiovascular disease. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4), 3337. <https://doi.org/10.3390/ijerph20043337>
- Schwartz, J. B., Schmader, K. E., Hanlon, J. T., Abernethy, D. R., Gray, S., Dunbar-Jacob, J., Holmes, H. M., Murray, M. D., Roberts, R., Joyner, M., Peterson, J., Lindeman, D., Tai-Seale, M., Downey, L., & Rich, M. W. (2019). Pharmacotherapy in older adults with cardiovascular disease: report from an American College of Cardiology, American Geriatrics Society, and National Institute on Aging Workshop. *Journal of the American Geriatrics Society*, 67(2), 371-380. <https://doi.org/10.1111/jgs.15634>

- Seiler, S., Haugen, O., & Kuffel, E. (2007). Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(8), 1366-73. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318060f17d>
- Son, W. M., Sung, K. D., Cho, J. M., & Park, S. Y. (2017). Combined exercise reduces arterial stiffness, blood pressure, and blood markers for cardiovascular risk in postmenopausal women with hypertension. *Menopause*, 24(3), 262-268. <https://doi.org/10.1097/gme.0000000000000765>
- Taylor, J. L., Holland, D. J., Keating, S. E., Leveritt, M. D., Gomersall, S. R., Rowlands, A. V., Bailey, T. G., & Coombes, J. S. (2020). Short-term and long-term feasibility, safety and efficacy of high-intensity interval training in cardiac rehabilitation: The FITR Heart study randomized clinical trial. *JAMA Cardiology*, 5(12), 1382-1389. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.3511>
- Task force of the european society of cardiology and the north american society of pacing and electrophysiology. (1996). Heart rate variability. Standard of measurement, physiological and clinical use. *Circulation*, 95(5), 1043-1065.
- The Jamovi Project. (2022). Jamovi (Version 2.3) [Computer Software]. <https://www.jamovi.org>
- Ul-Haq, Z., Khan, D., Hisam, A., Yousafzai, Y. M., Hafeez, S., Zulfikar, F., Gul, A. M., Hafizullah, M., & Pell, J. (2019). Effectiveness of cardiac rehabilitation on health-related quality of life in patients with myocardial infarction in Pakistan. *Journal of the College of Physicians and Surgeons*, 29(9), 803-809. <https://doi.org/10.29271/jcpsp.2019.09.803>
- Valenti, L., Lim, L., Heller, R. F., & Knapp, J. (1996). An improved questionnaire for assessing quality of life after acute myocardial infarction. *Quality of Life Research*, 5(1), 151-161. <https://doi.org/10.1007/BF00435980>
- Wewege, M., Van den Berg, R., Ward, R. E., & Keech, A. (2017). The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 18(6), 635-646. <https://doi.org/10.1111/obr.12532>
- Wisløff, U., Støylen, A., Loennechen, J. P., Bruvold, M., Rognmo, Ø., Haram, P. M., Tjønnå, A. E., Helgerud, J., Slørdahl, S. A., Lee, S. J., Videm, V., Bye, A., Smith, G. L., Najjar, S. M., Ellingsen, Ø., & Skjaerpe, T. (2007). Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation*, 115(24), 3086-3094. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.106.675041>
- Woolcott, O. O., & Bergman, R. N. (2018). Relative fat mass (RFM) as a new estimator of whole-body fat percentage - A cross-sectional study in American adult individuals. *Scientific Reports*, 8(1), 10980. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29362-1>
- Zambroski, C. H., Moser, D. K., Bhat, G., & Ziegler, C. (2005). Impact of symptom prevalence and symptom burden on quality of life in patients with heart failure. *European Journal of Cardiovascular Nursing*, 4(3), 198-206. <https://doi.org/10.1016/j.ejcnurse.2005.03.010>