

**EFECTO DE DOS TIPOS DE PRESCRIPCIÓN DE
ENTRENAMIENTO SOBRE VARIABLES
CARDIORRESPIRATORIAS, VARIABILIDAD DE
FRECUENCIA CARDÍACA, CALIDAD DE VIDA Y
COMPOSICIÓN CORPORAL EN PACIENTES CON
INFARTO AGUDO DE MIOCARDIO**

MÁSTER DE ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO Y SALUD

2017-2018

Dña. Derisse K. Rodríguez Romero.

TUTOR ACADÉMICO:
Dr. José Manuel Sarabia Marín

LABORATORIO DE ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO

Efecto de dos tipos de prescripción de entrenamiento sobre variables cardiorrespiratorias, variabilidad de frecuencia cardíaca, calidad de vida y composición corporal en pacientes con infarto agudo de miocardio

Rodríguez Romero, Derisse K.; Sarabia Marín, José Manuel†; Manresa Rocamora, Agustín†.

† Centro de Investigación del Deporte, Universidad Miguel Hernández de Elche.

Resumen:

Existe una gran evidencia bibliográfica acerca de los beneficios de la rehabilitación cardíaca basada en el ejercicio de resistencia aeróbica en pacientes con cardiopatía isquémica. La intensidad de ejercicio es uno de los aspectos más estudiados y de mayor importancia dentro de los componentes F.I.T.T del entrenamiento. Los modelos de prescripción empleados generalmente para establecer la intensidad de entrenamiento usan el “método de porcentaje relativo” usando de referencia variables como el VO_2 pico y frecuencia cardíaca máxima o de reserva. Debido a las características particulares relacionadas con el metabolismo, resulta necesario individualizar el entrenamiento y optimizar los beneficios para disminuir el porcentaje de personas “no responders” al ejercicio. El modelo basado en umbrales ventilatorios es una alternativa para la prescripción de intensidad. Sin embargo, no existen estudios de pacientes con cardiopatía isquémica. El objetivo del presente trabajo final de máster es comparar ambos métodos de prescripción de intensidad en variables cardiorrespiratorias, calidad de vida, variabilidad de frecuencia cardíaca y composición corporal en pacientes con cardiopatía isquémica en la fase III de rehabilitación cardíaca.

Palabras clave: *Resistencia aeróbica, fitness, sistema nervioso autónomo, cardiopatía isquémica.*

Introducción

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) son la primera causa de muerte a nivel mundial (Xie, Yan, Cai y Li, 2017). Dentro de las ECV se engloban la cardiopatía isquémica (CI), la arteriopatía periférica, enfermedades cerebrovasculares, cardiopatías congénitas y reumática, las trombosis venosas profundas y las embolias pulmonares (Organización Mundial de Salud [OMS], 2015). La CI, conocida también como enfermedad de las arterias coronarias (CAD) (Akhtar, 2006), es responsable anualmente del 20% de las muertes en Europa (Nichols, Townsend, Scarborough y Rayner, 2014). Se entiende por CI el conjunto de alteraciones en el miocardio debido al desequilibrio entre el aporte y la demanda de oxígeno en el tejido cardíaco, en detrimento del aporte; y la causa más común es la formación de placa de ateroma en las coronarias (López y López, 2008). La CI puede presentarse como infarto agudo de miocardio (IAM) y angina de pecho. El IAM se produce cuando hay necrosis del tejido cardíaco por la falta de riego sanguíneo, mientras que la angina es una isquemia de carácter transitorio a nivel miocárdico (Sosa y Rey, 2008; Fundación Española del Corazón, 2015). En el 2012, el 19,5% (7,4 millones) de las muertes registradas a nivel mundial fueron ocasionadas por IAM (OMS, 2014). Sin embargo, debido a los avances en el tratamiento de la CI, tales como: farmacoterapia, tratamiento trombolítico, angioplastia coronaria transluminal percutánea temprana y cirugía coronaria; se ha incrementado la tasa de supervivencia en un 50% (Vanhees et al., 2004). Lo que ocasiona un aumento en el número de candidatos a un programa de rehabilitación (Vanhees et al., 2004).

La rehabilitación basada en ejercicio (RC) es una herramienta de gran importancia en el tratamiento de la CI, ya que reduce la mortalidad por cualquier causa en un 20% y la mortalidad por causas cardiovasculares en un 26% (Kim, Choi y Lim, 2015). La RC busca reducir los factores de riesgo cardiovascular, promover un estilo de vida activo y mejorar la condición física (Noites

et al., 2015). Por ello, los programas de RC son una recomendación clase I para el tratamiento integral de pacientes con CI de acuerdo con la Asociación Americana del Corazón, el Colegio Americano de Cardiología y la Sociedad Europea de Cardiología (Anderson et al., 2016). La RC se puede llevar a cabo mediante distintos tipos de entrenamiento: resistencia aeróbica, fuerza o entrenamiento concurrente (combinando ambos tipos de entrenamiento). Sin embargo, aún existe controversia acerca de las características óptimas: volumen, frecuencia, intensidad y modalidad de ejercicio ideal para obtener el máximo beneficio en pacientes con CI (Kim et al., 2015; Conraads et al., 2015; Moholdt et al., 2009). El entrenamiento de resistencia aeróbica es el más utilizado tradicionalmente (Xanthos, Gordon y Kingsley, 2017), con una intensidad entre el 40 – 90% del consumo de oxígeno pico (VO_2 pico) (Conraads et al., 2015; Rognum, Hetland, Helgerud, Hoff y Slørdahl, 2004).

La principal variable objetivo de los programas de entrenamiento es el VO_2 pico, la cual identifica el fitness cardiorrespiratorio de los pacientes con CI (Xie et al., 2017). Se ha demostrado, en estudios longitudinales, que un aumento de 3,5 ml/kg/min en el VO_2 pico está relacionado con un incremento del 12% en la supervivencia de pacientes con CI (Cardozo, Oliveira y Farinatti, 2015; Conraads, et al., 2015). Debido a su relevancia clínica, es la principal variable analizada en los estudios que investigan el efecto del entrenamiento de resistencia en personas con CI. Sin embargo, la pendiente del equivalente ventilatorio del dióxido de carbono (VE/VCO_2 slope) y el pulso de oxígeno (O_2 p) son otras variables ventilatorias de interés consideradas en las pruebas cardiopulmonares de los pacientes con CI (Cardozo, et al, 2015). La VE/VCO_2 slope se asocia con la eficacia ventilatoria (Guazzi, Reina Tumminello y Guazzi, 2004) y el O_2 p es considerado un marcador de isquemia (Cardozo et al., 2015). Autores como Cardozo et al. (2015) han encontrado mejoras significativas en el VO_2 pico y el O_2 p tras un programa de entrenamiento aeróbico en

pacientes con CAD; mientras que Guazzi et al, (2004) demostró cambios positivos en la VE/VCO₂ slope en pacientes con insuficiencia cardíaca. Otros parámetros de salud estudiados que mejoran con el ejercicio aeróbico son los factores de riesgo cardiovascular (FRCV). Dentro los FRCV, estudios previos han analizado el efecto beneficioso del entrenamiento de resistencia sobre la presión arterial sistólica (PAS) (Cornelissen y Fagard, 2005), presión arterial diastólica (PAD) (Cornelissen y Fagard, 2005), frecuencia cardíaca (FC) (Cornelissen y Fagard, 2005), función del ventrículo izquierdo (Jaureguizar et al., 2016), proteína C reactiva (PCR) (Lian, et al., 2014) y el perfil lipídico (Lian, et al., 2014).

El entrenamiento de resistencia aeróbica puede encontrarse referido en la literatura de manera continua o interválica (Kim et al., 2015; Pattyn, Coeckelberghs, Buys, Cornelissen y Vanhees, 2014; Jaureguizar et al., 2016). El entrenamiento continuo es de moderada intensidad, entre 50-85% de la frecuencia cardíaca de reserva (FCR) (Kim et al., 2015). Por su parte, el entrenamiento interválico consiste en alternar períodos de ejercicio aeróbico de alta intensidad ($\geq 90\%$ VO₂ pico) con períodos de recuperación pasiva o activa de intensidad ligera/moderada. (Kim et al, 2015; Xie et al., 2017). Conraads et al. (2015) demostró una intensidad de entrenamiento inferior a la prescrita en un grupo de alta intensidad y mayor a la prescrita en un grupo de moderada intensidad. Esto puede deberse, principalmente, a una falta de monitorización de las sesiones de entrenamiento y a un condicionamiento físico inferior al requerido para cumplir con las demandas del entrenamiento en el grupo de alta intensidad.

Dentro de los componentes F.I.T.T. (frecuencia, intensidad, tiempo y tipo de ejercicio) de un programa de entrenamiento, la intensidad es uno de los más críticos (Wolpern, Burgos, Janot y Dalleck, 2015). Si la intensidad es elevada, se produce un sobre-entrenamiento y se compromete la adherencia al programa; mientras que, si la intensidad es demasiado baja, no se consiguen los

efectos deseados (Wolpern et al., 2015). Usualmente suele prescribirse el entrenamiento en base a la intensidad relativa de cada sujeto, utilizando un porcentaje del consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_2 \text{ max}$), la frecuencia cardíaca máxima (FC max), la FCR o el consumo de oxígeno de reserva ($\text{VO}_2 \text{ R}$) (Mann, Lamberts y Lambert, 2013; Wolpern et al., 2015; Weatherwax, Harris, Kilding y Dalleck, 2016). A este método se le conoce como el “método relativo” (Wolpern et al., 2015; Weatherwax et al., 2016). Aunque el método relativo se mantiene como el más utilizado en las recomendaciones sobre la prescripción de intensidad de entrenamiento, no considera las respuestas metabólicas individuales de los sujetos ante el ejercicio y ocasiona casos donde se evidencia una falta de respuesta al entrenamiento (Wolpern et al., 2015; Weatherwax et al., 2016). Por consiguiente, se ha sugerido como alternativa un modelo de prescripción de intensidad basada en umbrales ventilatorios (Wolpern et al., 2015). La intensidad de entrenamiento basada en umbrales podría identificar mejor el mínimo estímulo de ejercicio necesario para obtener efectivamente los beneficios deseados, disminuyendo la variación individual en la respuesta y aumentando las adaptaciones al entrenamiento (Wolpern et al., 2015).

Wolpern et al. (2015) demostró la superioridad del modelo de prescripción basado en umbrales en contraposición al método relativo al porcentaje en la mejora del $\text{VO}_2 \text{ max}$ de una muestra poblacional de individuos sedentarios. Sin embargo, no se han encontrado estudios en la literatura que comparen resultados en individuos con CI, especialmente IAM. Por consiguiente, son necesarios estudios comparativos que evalúen la respuesta de un método de prescripción de intensidad relativa al porcentaje y un modelo de prescripción basado en umbrales ventilatorios en pacientes con diagnóstico de IAM, en los que se monitorice el cumplimiento de la intensidad prescrita en las sesiones de trabajo.

El presente estudio tiene como objetivo primordial comparar el efecto de un método de prescripción de intensidad de porcentaje relativo y un método individualizado basado en umbrales ventilatorios, en variables cardiorrespiratorias: VO_2 pico, FC max, VE/VCO₂ slope, O₂ p, variabilidad de frecuencia cardíaca (VFC) y PA; de pacientes cardiopatas post IAM, pertenecientes a la fase III de rehabilitación cardíaca. Igualmente busca comparar el efecto de ambos modelos de prescripción en variables de composición corporal, calidad de vida y memoria de trabajo en dicha población.

Método

Participantes

Un total de 4 sujetos (3 hombres, 1 mujer) con edad media de $59 \pm 8,2$ años participaron en el estudio de forma voluntaria. Todos los sujetos fueron referidos del Hospital Universitario de Vinalopó por su cardiólogo tratante. Los participantes eran elegibles para formar parte del estudio si se encontraban en un período de 6 a 8 meses posterior a su primer infarto. Los criterios de exclusión fueron: limitación para realizar ejercicio físico, presencia de comorbilidades, realización de ejercicio físico fuera del programa de rehabilitación planteado y presencia de alteraciones en el electrocardiograma durante la realización de la prueba de esfuerzo. El estudio fue aprobado por el Órgano Evaluador de Proyectos de la Universidad Miguel Hernández (Ref.: DPS.JSM.01.17) y el Comité de Ética del Hospital Universitario del Vinalopó de Elche, cumpliendo con la Declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 2008). Cada participante firmó un consentimiento previo a su participación.

Diseño experimental

El presente estudio es un estudio controlado con grupos independientes de ciego simple, ya que los sujetos desconocían el grupo de entrenamiento asignado. Los participantes fueron divididos en dos grupos en función de los valores de VO₂ pico obtenidos en la prueba de esfuerzo inicial: un grupo de entrenamiento estandarizado (EE) (n=2) y otro grupo de entrenamiento individualizado (EI) (n=2). Todos los sujetos fueron valorados en tres momentos: al inicio, tras 6 semanas de entrenamiento y al final del programa de intervención. Durante las valoraciones, los pacientes acudieron al laboratorio en dos días no consecutivos, con aproximadamente 48 h de diferencia. El primer día se valoró la calidad de vida, se realizó la prueba de esfuerzo incremental y se llevó a cabo una familiarización con el test de valoración cognitiva (en las pruebas iniciales). El segundo día se valoró la VFC en reposo, se realizó la valoración cognitiva, la composición corporal y la fuerza de los miembros inferiores. Se usaron los resultados obtenidos en las pruebas de esfuerzo iniciales e intermedias para determinar la intensidad de entrenamiento de los participantes durante las 6 semanas siguientes, respectivamente, para una duración total de 12 semanas de entrenamiento. Las variables correspondientes al análisis de sangre y ecocardiograma se valoraron en las primeras 2 semanas del programa y en las 2 semanas posteriores a la intervención. Se les indicó a los participantes evitar esfuerzos moderados e intensos el día previo a las valoraciones y evitar el consumo de cafeína y alcohol.

Protocolos de valoración

Calidad de vida

El nivel de calidad de vida se determinó mediante los resultados obtenidos en el cuestionario MacNew (Höfer, Lim, Guyatt y Oldridge, 2004), específico para pacientes con enfermedad

cardiovascular. El MacNew es un cuestionario autoadministrado de 27 ítems que abarca 3 aspectos: físico, social y emocional (Höfer et al., 2004). La puntuación es determinada de acuerdo con una escala tipo Likert 1-7 para cada ítem. A mayor puntuación, mayor calidad de vida relacionada con la salud (Höfer et al., 2004). El promedio obtenido para cada aspecto (físico, social y emocional) es calculado en base al promedio de las respuestas obtenidas en los ítems correspondientes y el ítem 27, referido a las “relaciones sexuales”, puede excluirse sin que afecte al aspecto físico (Höfer et al., 2004).

Valoración cognitiva

Se empleó el Test de Stroop (Stroop, 1935) para evaluar la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva inhibiendo posibles respuestas erróneas debido a la interferencia de estímulos. Se consideró el número de aciertos y errores obtenidos en cada una de las tres tareas requeridas, así como el tiempo de reacción de los sujetos ante los estímulos de interferencia cognitiva.

Prueba de esfuerzo incremental

Cada participante realizó una prueba incremental por escalones en cicloergómetro Technogym Bike Med (Technogym USA Corp., Seattle, USA) bajo supervisión del cardiólogo del estudio. Todos los pacientes recibieron indicaciones acerca de la valoración y firmaron un consentimiento informado previo a la realización de la prueba. Luego se realizó un calentamiento de 3 minutos antes del inicio de la prueba, con una cadencia de elección propia entre 60 – 80 revoluciones por minuto (rpm) y una resistencia de 15 W. Tras el calentamiento, se inició la prueba con 15 W de resistencia y una cadencia de pedaleo de aproximadamente 60 rpm, con incrementos de 15 W cada 3 minutos hasta el agotamiento; similar al protocolo utilizado por Conraads et al. (2013). El test se consideraba finalizado cuando el participante presentaba incapacidad de mantener una cadencia > 50 rpm, cesara el ejercicio o el cardiólogo detuviera la prueba por presencia de signos de

isquemia en el electrocardiograma. Dentro de los criterios de detención de la prueba se consideraron: presencia de angina de pecho durante el ejercicio, depresión del ST mayor a 2.0 mm, caída de la presión sistólica y alteraciones clínicas del ritmo cardíaco (Gibbons, et al. 2002; Cardozo et al., 2015). Todos los pacientes fueron animados verbalmente para alcanzar valores máximos autodeterminados en el test. Las pruebas se consideraron máximas en base a: 1) presencia síntomas subjetivos de agotamiento (hiperpnea, enrojecimiento facial, sudoración profusa e imposibilidad de continuar pedaleo) y 2) máximo ratio de intercambio respiratorio (RER) $\geq 1,10$ (Prado et al., 2016).

Durante la prueba se realizó de manera continua una espirometría. A cada participante se le colocó una mascarilla de goma conectada a un analizador de gases MasterScreen CPX, (Jaeger Leibniztrasse 7, 97204 Hoechberg, Alemania). El dispositivo fue calibrado previo a la realización de las pruebas, comprobando así un adecuado registro de las condiciones ambientales, volúmenes de aire y concentraciones de O₂. Se consideró como VO₂ pico el máximo VO₂ registrado en la prueba. Se analizaron los datos obtenidos de intercambio ventilatorio y FC pico alcanzada y posteriormente se calculó la intensidad de entrenamiento correspondiente a cada paciente. Para la identificación de los umbrales ventilatorios aeróbico y anaeróbico (VT1 y VT2, respectivamente) se consideró la inspección visual de dos expertos en el trazado temporal de las gráficas de cada variable respiratoria relevante (Wolpern et al., 2015). Un incremento sistemático de VE/VO₂ tras llegar a su mínimo valor, sin un aumento concomitante en VE/VCO₂ ni desviación de la linealidad de la ventilación (VE) fue el criterio para la identificación del VT1 (Wolpern et al., 2015; Caiozzo et al., 1982; Prado et al., 2016). Mientras que un incremento simultáneo tanto en VE/VO₂ como en VE/VCO₂ fue el criterio de identificación de VT2 (Wolpern et al., 2015). El O₂ p se calculó dividiendo VO₂ entre la FC obtenida cada 15 s durante la prueba (Cardozo et al., 2015). La

pendiente de VE/VCO₂ se realizó con datos basales y los datos obtenidos durante la valoración, como se describe en otros estudios (Van de Veire et al., 2006; Cardozo et al., 2015).

Antropometría

El peso corporal se midió en cada sujeto mediante una báscula digital de bioimpedancia BC-420MA (TANITA UK LTD., Middlesex, Reino Unido) con una precisión de 0,1 kg. La altura se midió lo más cercana posible a 0,1 cm, con la espalda de cada sujeto paralela al estadiómetro, pies juntos y sin calzado. Las valoraciones antropométricas de pliegues cutáneos, perímetros y circunferencias se hicieron por un miembro del equipo investigador acreditado por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK, por sus siglas en inglés). Para ello se usó un plicómetro (Holtain LTD., Crymych, Reino Unido). Se calculó el porcentaje de grasa corporal (utilizando la ecuación de Jackson y Pollock) (Brubaker et al., 1996; Rodríguez-Escudero et al., 2014; y De Schutter et al., 2016) y el porcentaje de masa magra de cada participante.

Registro y análisis de la variabilidad de frecuencia cardíaca

Para el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) se utilizó un monitor de frecuencia cardíaca Polar H7 (Polar Team System, Finlandia) configurado para el registro R-R y la aplicación móvil Elite HRV versión 4.0.7 (Elite HRV LLC, Texas, USA). Se realizó un registro basal previo a la valoración isocinética, con una duración de 20 min. Todas las mediciones se hicieron con el paciente en decúbito supino en una camilla, controlando la respiración entre 12 y 15 respiraciones por minuto y con el menor número de ruidos distractores posibles.

Los registros fueron posteriormente analizados con el software Kubios HRV (Universidad de Finlandia Oriental, Kuopio/Finlandia). Se consideraron para el análisis los 10 min medios de los registros, desechando los 5 min iniciales y finales. Posteriormente se les aplicó un filtro de

corrección media y se tomaron las variables de interés del dominio temporal y frecuencial (Tabla 1) (Javaloyes, 2015; Guillén, 2014).

Tabla 1. *Variables registradas para el análisis de la VFC.*

Métodos lineales	Variable	Definición
Dominio Temporal	Mean RR	Media del intervalo R-R
	SDNN	Desviación estándar de los intervalos R-R, en milisegundos
	rMSSD	Raíz cuadrada del valor medio de la suma de los cuadrados de las diferencias entre intervalos R-R, en milisegundos
	pNN50	Porcentaje del total de pares de intervalos R-R que difieren más de 50 milisegundos
Dominio Frecuencial	VLF	Energía en el espectro de 0,003 a 0,04 Hz
	LF	Energía en el espectro de 0,04 a 0,15 Hz.
	HF	Energía en el espectro de 0,15 a 0,4 Hz.
	LF/HF	Ratio

Valoración de fuerza en miembros inferiores

Para la valoración de la fuerza de los miembros inferiores se llevaron a cabo 3 pruebas: una prueba de contracciones concéntricas máximas y dos pruebas isométricas máximas. Todas las pruebas fueron realizadas en un dinamómetro isocinético BIODEX System 4 (Biodex Medical Systems, New York, USA). Previo a las valoraciones se realizó un calentamiento estandarizado de 5 min en bicicleta estática Technogym Bike Med (Technogym USA Corp., Seattle, USA). Para realizar los test, se colocó al participante sentado en el dinamómetro con un ángulo aproximado de 90° de flexión de cadera. Posteriormente se alineó el eje de rotación articular de la rodilla

(determinado mediante la palpación de la cara externa del cóndilo lateral femoral con flexión a 90°) con el eje del dinamómetro y el eje longitudinal de la pierna, con la palanca del dinamómetro. El punto de aplicación de la fuerza (zona almohadillada de empuje y tracción) se fijó en el tercio distal de la pierna, inmediatamente por encima del maléolo tibial. Se tomó nota de la distancia usada para cada participante, cuidando así que el punto de aplicación de la fuerza fuese siempre el mismo en todas las valoraciones. Para evitar compensaciones musculares y estandarizar la ejecución, se fijó al paciente con correas a nivel de tórax, cadera y muslo. Durante las mediciones, el momento de la fuerza peso de la extremidad valorada y la palanca del dinamómetro fue calculado y compensado automáticamente por el dinamómetro.

Se realizó una valoración unilateral de la musculatura extensora y flexora de la rodilla, empezando siempre las valoraciones con el miembro inferior derecho y valorando luego la extremidad izquierda. El primer protocolo de valoración incluyó 3 series de repeticiones concéntricas de ambos grupos musculares, separadas por períodos de descanso de 60 s, a una velocidad angular de $60^\circ/\text{s}$ en un rango de movimiento de 10° a 110° de flexión de rodilla. La segunda valoración consistió en 4 repeticiones de contracción isométrica de la musculatura extensora de rodilla durante 5 s, alternadas con 15 s de descanso. La contracción isométrica para la valoración del grupo extensor se realizó a 105° de flexión de rodilla. El tercer protocolo empleado fue semejante al anterior, pero orientado a valorar la musculatura flexora de rodilla, por lo que la prueba se realizó con la extremidad en un ángulo de 45° de flexión de la articulación. Todos los participantes fueron animados continuamente de forma verbal durante las valoraciones con el objeto de garantizar esfuerzos máximos. Las valoraciones de los sujetos se realizaron en el orden descrito.

Actividad física

El nivel de actividad física fue monitorizado usando el acelerómetro GT3X monitor (ActiGraph, Pensacola, FL, USA) (Prince et al., 2015). Se le pidió a cada participante llevar el acelerómetro a nivel de la cadera derecha durante todo el tiempo de actividad, por 7 días consecutivos. De igual forma, se instruyó a los participantes quitarse el acelerómetro para dormir y durante actividades acuáticas (baño, piscina, playa) que pudiera dañar el monitor. El análisis de los registros se realizó con la ayuda del software Actilife 6 (ActiGraph LLC. Pensacola, Florida, USA). Se empleó el algoritmo matemático de Bodhuin, Canfora y Troiano (2007) para analizar los datos y se tomaron puntos de cortes específicos para pacientes con cardiopatía isquémica al momento de clasificar la actividad física (Prince et al., 2015).

Análisis sanguíneo

Se recogieron muestras de sangre venosa, posterior a 10 h aproximadas de ayuno nocturno en las 2 semanas iniciales y las 2 semanas siguientes a la culminación del programa de entrenamiento. Las muestras de sangre se extrajeron y analizaron usando protocolos estandarizados en el departamento de bioanálisis del Hospital Universitario del Vinalopó. Se tomaron los valores de colesterol total, triglicéridos, lipoproteínas de alta densidad (HDL), lipoproteínas de baja densidad (LDL), glucosa, hemoglobina, filtración glomerular, hemoglobina glicosilada, creatina quinasa (CK) y proteína C reactiva (CRP) como variables estudiadas. El personal del laboratorio estuvo cegado con relación a la intervención a la que fueron sometidos los sujetos.

Ecocardiograma

Los participantes fueron examinados por cardiólogos experimentados, en reposo en posición supino-lateral izquierda, siguiendo las recomendaciones de la Sociedad Europea de Ecocardiografía (Lang et al., 2005; Guillén, 2014). El porcentaje de la fracción de eyección del

ventrículo izquierdo (FEVI%) se calculó usando el método Simpson (Conraads et al., 2013). Los cardiólogos eran ciegos con respecto a las condiciones del estudio y de los participantes.

Programa de entrenamiento

Ambos grupos completaron un entrenamiento de resistencia aeróbica en bicicleta estática de 12 semanas de duración, dividido en 2 períodos de 6 semanas, con una frecuencia de 3 sesiones por semana. El entrenamiento seguido por cada grupo durante el programa de intervención se refiere en detalle en la tabla 2. A lo largo de la intervención se realizó una progresión del gasto energético similar en ambos grupos. Durante las primeras 6 semanas de entrenamiento los pacientes realizaron ejercicio aeróbico de modalidad continua fraccionada a intensidades moderadas, determinadas por la valoración cardiorrespiratoria inicial. Tras las valoraciones intermedias, se ajustó la intensidad de ejercicio de cada participante y se programaron sesiones de entrenamiento interválicas de alta intensidad. Respetando de esa manera una adecuada progresión durante ambas intervenciones.

Tabla 2. *Progresión del entrenamiento.*

Sem	GE (kJ/kg)	Intensidad		ME	Rep	Recuperación (min)
		Umbrales (EI)	% FCR (EE)			
1	9	5 lpm debajo de VT1 a VT1	50-65	Continuo fraccionado	3	2
2					2	
3	11.3	VT1 a VT2	65-80		1	0
4					1	
5	13.5				4	
6					4	
7	11	> VT2 - 95	80-95	Interválico	5	4
8					5	
9	13.5				6	
10					6	
11	16				6	
12					6	

Sem = semanas; GE = Gasto energético; EI = grupo de entrenamiento individualizado; EE = grupo de entrenamiento estandarizado; ME = Método de entrenamiento; Rep = Repeticiones; min = minutos.

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se empleó el software SPSS versión 23.0 (SPSS INC., Chicago, IL, USA). Los resultados encontrados se presentan en el apartado correspondiente en forma de medias \pm desviación estándar (SD). Para llevar a cabo el análisis de los datos se realizó un análisis de varianza con medidas parcialmente repetidas (ANOVA mixto), con un factor intrasujeto (valoraciones) y un factor intersujetos (grupo). La medida del tamaño del efecto utilizada fue eta cuadrado parcial. Eta cuadrado parcial refleja la proporción de varianza explicada por cada factor sobre la variable dependiente una vez parcializado el efecto de los otros factores. Se consideró que existía significación clínica cuando la varianza de la variables dependiente explicada por el factor o la interacción era superior al 10% (Cohen, 1988).

En caso de interacción significativa entre ambos factores se llevó a cabo el análisis de los efectos simples. Para la realización de las comparaciones múltiples se aplicó el ajuste de Bonferroni. Como medida del tamaño del efecto se utilizó el índice de cambio medio estandarizado (diferencia entre las medias dividido por la raíz cuadrada de la media cuadrática de error). La interpretación del índice de cambio medio estandarizado se llevó a cabo con el criterio de Rhea et al. (2004) para sujetos no entrenados.

Bibliografía

- Akhtar, S. (2006). Ischemic heart disease. *Anesthesiology Clinics of North America*, 24(3), 461-485.
- Anderson, L., Oldridge, N., Thompson, D. R., Zwisler, A., Rees, K., Martin, N., y Taylor, R. (2016). Exercise-Based Cardiac Rehabilitation for Coronary Heart Disease: Cochrane Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American College of Cardiology*, 67(1), 1-12.
- Bodhuin, T., Canfora, G., y Troiano, L. (2007, July). SORMASA: A tool for Suggesting Model Refactoring Actions by Metrics-led Genetic Algorithm. In *WRT* (pp. 23-24).
- Brubaker, P. H., Warner Jr, J. G., Rejeski, W. J., Edwards, D. G., Matrazzo, B. A., Ribisl, P. M., ... y Herrington, D. M. (1996). Comparison of standard-and extended-length participation in cardiac rehabilitation on body composition, functional capacity, and blood lipids. *The American journal of cardiology*, 78(7), 769-773. doi: [https://doi.org/10.1016/S0002-9149\(96\)00418-3](https://doi.org/10.1016/S0002-9149(96)00418-3)
- Caiozzo, V. J., Davis, J. A., Ellis, J. F., Azus, J. L., Vandagriff, R., Prietto, C. A., y McMaster, W. C. (1982). A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. *Journal of Applied Physiology*, 53(5), 1184-1189. doi: <https://doi.org/10.1152/jappl.1982.53.5.1184>
- Cardozo, G. G., Oliveira, R. B., y Farinatti, P. T. (2015). Effects of high intensity interval versus moderate continuous training on markers of ventilatory and cardiac efficiency in coronary heart disease patients. *The Scientific World Journal*, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/192479>.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd: Hillsdale, NJ: erlbaum.
- Conraads, V. M., Pattyn, N., De Maeyer, C., Beckers, P. J., Coeckelberghs, E., Cornelissen, V. A., ... y Possemiers, N. (2015). Aerobic interval training and continuous training equally improve aerobic

exercise capacity in patients with coronary artery disease: the SAINTEX-CAD study. *International journal of cardiology*, 179, 203-210.

Conraads, V. M., Van Craenenbroeck, E. M., Pattyn, N., Cornelissen, V. A., Beckers, P. J., Coeckelberghs, E., ... y Hoymans, V. Y. (2013). Rationale and design of a randomized trial on the effectiveness of aerobic interval training in patients with coronary artery disease: the SAINTEX-CAD study. *International journal of cardiology*, 168(4), 3532-3536.

Cornelissen, V. A., y Fagard, R. H. (2005). Effects of endurance training on blood pressure, blood pressure-regulating mechanisms, and cardiovascular risk factors. *Hypertension*, 46(4), 667-675.

De Schutter, A., Kachur, S., Lavie, C. J., Boddepalli, R. S., Patel, D. A., y Milani, R. V. (2016). The impact of inflammation on the obesity paradox in coronary heart disease. *International Journal of Obesity*, 40(11), 1730. doi: <https://doi.org/10.1038/ijo.2016.125>

Fundación Española del Corazón. (2015) Infarto. Recuperado de: http://www.fundaciondelcorazon.com/informacion-para-pacientes/enfermedades-cardiovasculares/infarto.html?utm_source=Portada&utm_medium=Banner&utm_content=Home&utm_campaign=Destacado%2Bhome.

Guazzi, M., Reina, G., Tumminello, G., y Guazzi, M. D. (2004). Improvement of alveolar-capillary membrane diffusing capacity with exercise training in chronic heart failure. *Journal of Applied Physiology*, 97, 1866-1873. doi: 10.1152/jappphysiol.00365.2004.

Guillén García, S. (2014). *Análisis de la variabilidad del ritmo cardíaco e incompetencia cronotrópica en deportistas con discapacidad intelectual* (Tesis doctoral). Universidad Miguel Hernández, Elche, España.

- Höfer, S., Lim, L., Guyatt, G., y Oldridge, N. (2004). The MacNew Heart Disease health-related quality of life instrument: a summary. *Health and quality of life outcomes*, 2(1), 3.
- Jaureguizar, K. V., Vicente-Campos, D., Bautista, L. R., de la Peña, C. H., Gómez, M. J. A., Rueda, M. J. C., y Mahillo, I. F. (2016). Effect of high-intensity interval versus continuous exercise training on functional capacity and quality of life in patients with coronary artery disease: a randomized clinical trial. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*, 36(2), 96-105.
- Javaloyes, A. (2015). Comparación de cuatro modelos de cuantificación y su relación con la variabilidad de la frecuencia cardíaca (Tesis de maestría). Universidad Miguel Hernández, Elche, España.
- Kim, C., Choi, H. E., y Lim, M. H. (2015). Effect of High Interval Training in Acute Myocardial Infarction Patients with Drug-Eluting Stent. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 94(10):879-886. doi: 10.1097/PHM.0000000000000290.
- Kraal, J. J., Vromen, T., Spee, R., Kemps, H., y Peek, N. (2017). The influence of training characteristics on the effect of exercise training in patients with coronary artery disease: Systematic review and meta-regression analysis. *International Journal of Cardiology*, 247, 52-58.
- Lian, X., Zhao, D., Zhu, M., Wang, Z., Gao, W., Zhao, H., ...y Wang, L. (2014). The influence of regular walking at different times of day on blood lipids and inflammatory markers in sedentary patients with coronary artery disease. *Preventive Medicine*, 58, 64-69. doi: 10.1016/j.ypmed.2013.10.020.
- López, J., y López, L. M. (Ed.). (2008). *Fisiología Clínica del Ejercicio*. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.

- Mann, T., Lamberts, R. P., y Lambert, M. I. (2013). Methods of prescribing relative exercise intensity: physiological and practical considerations. *Sports medicine*, 43(7), 613-625.
- Moholdt, T., Wisløff, U., Nilsen, T. I., y Slørdahl, S. A. (2008) Physical activity and mortality in men and women with coronary heart disease: a prospective population-based cohort study in Norway (the HUNT study). *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 15(6), 639-645.
- Mundial, A. M. (2008). Declaración de Helsinki.
- Nichols, M., Townsend, N., Scarborough, P., y Rayner, M. (2014). Cardiovascular disease in Europe 2014: epidemiological update. *European heart journal*, 35(42), 2950-2959.
- Noites, A., Pinto, J., Freitas, C. P., Melo, C., Albuquerque, A., Teixeira, M., y Bastos, J. M. (2015). Efeitos da dieta mediterrânea e exercício físico em indivíduos com doença arterial coronária. *Revista Portuguesa de Cardiologia*, 34(11), 655-664.
- Organización Mundial de Salud. (2014). *Informe sobre la Situación Mundial de las enfermedades no transmisibles*. (1). Recuperado de <http://www.who.int/nmh/publications/ncd-status-report-2014/es/>
- Organización Mundial de Salud. (2015). *Enfermedades Cardiovasculares*. (Nota Descriptiva). Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/>.
- Pattyn, N., Coeckelberghs, E., Buys, R., Cornelissen, V. A., y Vanhees, L. (2014). Aerobic interval training vs. moderate continuous training in coronary artery disease patients: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 44(5), 687-700.

- Prado, D. M. L., Rocco, E. A., Silva, A. G., Rocco, D. F., Pacheco, M. T., Silva, P. F., y Furlan, V. (2016). Effects of continuous vs interval exercise training on oxygen uptake efficiency slope in patients with coronary artery disease. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 49(2).
- Prince, S. A., Reed, J. L., Mark, A. E., Blanchard, C. M., Grace, S. L., y Reid, R. D. (2015). A comparison of accelerometer cut-points among individuals with coronary artery disease. *PloS one*, 10(9), e0137759. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0137759>
- Rhea, M. R. (2004). Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *Journal of strength and conditioning research*, 18, 918-920.
- Rodriguez-Escudero, J. P., Pack, Q. R., Somers, V. K., Thomas, R. J., Squires, R. W., Sochor, O., ... y Lopez-Jimenez, F. (2014). Diagnostic performance of skinfold method to identify obesity as measured by air displacement plethysmography in cardiac rehabilitation. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*, 34(5), 335-342.
- Rognmo, Ø., Hetland, E., Helgerud, J., Hoff, J., y Slørdahl, S. A. (2004). High intensity aerobic interval exercise is superior to moderate intensity exercise for increasing aerobic capacity in patients with coronary artery disease. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 11(3):216-222.
- Sosa, V., y Rey, J. R. (2008). Enfermedad isquémica. En López, J. y López, L. M. (Ed.), *Fisiología Clínica del Ejercicio* (pp. 47-71), Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of experimental psychology*, 18(6), 643. doi: <http://dx.doi.org/10.1037/h0054651>

- Vanhees, L., Stevens, A. N., Schepers, D., Defoor, J., Rademakers, F., y Fagard, R. (2004). Determinants of the effects of physical training and of the complications requiring resuscitation during exercise in patients with cardiovascular disease. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 11(4), 304-312. doi: <https://doi.org/10.1097/01.hjr.0000136458.44614.a2>
- Weatherwax, R. M., Harris, N. K., Kilding, A. E., y Dalleck, L. C. (2016). The incidence of training responsiveness to cardiorespiratory fitness and cardiometabolic measurements following individualized and standardized exercise prescription: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 17(1), 601. doi: <https://doi.org/10.1186/s13063-016-1735-0>
- Wolpern, A. E., Burgos, D. J., Janot, J. M., y Dalleck, L. C. (2015). Is a threshold-based model a superior method to the relative percent concept for establishing individual exercise intensity? a randomized controlled trial. *BMC sports science, medicine and rehabilitation*, 7(1), 16.
- Xanthos, P. D., Gordon, B. A., y Kingsley, M. I. (2017). Implementing resistance training in the rehabilitation of coronary heart disease: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Cardiology*, 230, 493-508. doi: 10.1016/j.ijcard.2016.12.076.
- Xie, B., Yan, X., Cai, X., y Li, J. (2017). Effects of high-intensity interval training on aerobic capacity in cardiac patients: a systematic review with meta-analysis. *BioMed research international*, 2017.