



Artículo original

Entrenamiento aeróbico y de fuerza para reducir los niveles glucémicos y lipídicos en insuficiencia cardíaca. Ensayo clínico aleatorizado

Aerobic and strength training to reduce glycemic and lipid levels in heart failure. randomized clinical trial

Javier Eliecer Pereira-Rodríguez¹, Jorge Antonio Lara-Vargas², Devi Geesel Peñaranda-Florez³, Pedro Pereira-Rodríguez⁴, Ivonne Meza-Vivanco⁵, Luis Fernando Ceballos-Portilla⁵

¹ Universidad Federal de Alfnas, Brasil y Centro de Estudios e Investigación FISICOL. Cúcuta, Colombia. ² Centro de Estudios e Investigación FISICOL. Ciudad de México, México. ³ Centro de Estudio e Investigación FISICOL. Cúcuta, Colombia. ⁴ Cuidados Intensivos de la Clínica “Duarte”. Cúcuta, Colombia. ⁵ Centro de Estudio e Investigación FISICOL. Puebla, México.

Resumen

Introducción: La insuficiencia cardíaca es un síndrome clínico caracterizado por anomalías de la función ventricular y la regulación neurohormonal. El artículo tiene como objetivo determinar los efectos del entrenamiento de fuerza como método para reducir los niveles glucémicos y lipídicos en la insuficiencia cardíaca. **Métodos:** Se realiza un ensayo clínico aleatorizado durante un período de tres años con 511 pacientes con insuficiencia cardíaca, distribuidos en dos grupos (ejercicio aeróbico más entrenamiento de fuerza en miembro superior –MMSS- versus ejercicio aeróbico más fuerza de miembro inferior –MMII-). Se recolectaron los niveles de glucosa en sangre y el perfil de lípidos. Además, se realizaron pruebas de capacidad aeróbica, frecuencia cardíaca máxima, antropometría y hemodinámicos, antes y después de las 24 sesiones de entrenamiento. **Resultados:** Al comparar los dos grupos, se mostraron mejores resultados en la mayoría de las variables en el grupo 2 (ejercicio aeróbico + entrenamiento de fuerza MMII) ($p = <0,05$ %). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas posteriores al entrenamiento en las variables de HDL, LDL y triglicéridos ($p = >0,05$ %). **Conclusiones:** El entrenamiento de fuerza combinado con ejercicio aeróbico genera disminución de los niveles glucémicos y lipídicos, significativamente posintervención, luego de 24 sesiones. Además, este tipo de entrenamiento aumenta la tolerancia al ejercicio, la fuerza, el VO₂ pico, la frecuencia cardíaca máxima y los diferentes parámetros hemodinámicos y metabólicos. Hay que resaltar que, a pesar de mejorar todas las variables evaluadas, al comparar el grupo 1 versus grupo 2, se evidenció mayores beneficios del entrenamiento de fuerza en MMII + ejercicio aeróbico².

Palabras Clave: ejercicio; insuficiencia cardíaca; rehabilitación cardíaca; fuerza.

Abstract

Introduction: Heart failure is a clinical syndrome characterized by abnormalities of ventricular function and neurohormonal regulation. This article aims to determine the effects of strength training as a method to reduce glycemic and lipid levels in heart failure. **Methods:** A randomized clinical trial was carried out over a period of three years with 511 patients with heart failure, they formed two groups (aerobic exercise plus strength training in the upper limb –MMSS- versus aerobic exercise plus strength training in the lower limb –MMII-). Blood glucose levels and lipid profile were collected. In addition, aerobic capacity, maximum heart rate, anthropometry and hemodynamic tests were performed before and after the 24 training sessions. **Results:** When comparing the two groups, better results were shown in most of the variables in group 2 (aerobic exercise + LL strength training) ($p = <0.05$ %). However, no significant post-training differences were found in HDL, LDL, and triglyceride variables ($p = >0.05$ %). **Conclusions:** Strength training combined with aerobic exercise generates a significant decrease in glycemic and lipid levels after 24 sessions after surgery. In addition, this type of training increases exercise tolerance, strength, peak VO₂, maximum heart rate, and different hemodynamic and metabolic parameters. It is worth noting that, despite improving all the variables evaluated, when comparing group 1 versus group 2, greater benefits of strength training in lower limbs + aerobic exercise were evidenced.

Key Words: exercise; heart failure; cardiac rehabilitation; strength.

Introducción

La insuficiencia cardíaca (IC) es considerada la patología del milenio por muchos, pues la mortalidad por esta causa va en aumento en la mayoría de países del mundo. La IC puede ser definida como un síndrome clínico, caracterizado por anomalías de la función ventricular y la regulación neurohormonal que se acompaña de signos de hipertensión venosa pulmonar y/o sistémica o de bajo gasto cardíaco, al igual que edema, fatiga y disnea, atribuibles a un daño funcional y/o estructural de uno o ambos ventrículos, que impide el llenado y vaciado adecuado de las cavidades cardíacas.

Así mismo, la IC ocasiona falla en la función de bomba del corazón; sus manifestaciones clínicas dependen de la afectación hemodinámica que se valora en otros órganos⁽¹⁾ y se une a cambios estructurales adaptativos y no adaptativos, alteraciones funcionales en sístole o diástole y las consecuentes modificaciones hemodinámicas.⁽²⁾ Por ende, la IC puede ser el desenlace de diversos factores, entre ellos se encuentra la contractilidad miocárdica deteriorada, el aumento de la rigidez ventricular o la alteración de la relajación miocárdica en ausencia de disfunción sistólica; la complejidad de alteraciones cardíacas, las valvulopatías, el cortocircuito intracardíaco o alteraciones del ritmo o de la frecuencia, entre muchas otras afecciones⁽³⁾.

Por otro lado, la presencia de dislipidemia aumenta la frecuencia y severidad de las complicaciones crónicas asociadas a diabetes mellitus (DM),⁽⁴⁾ las cuales engloban la nefropatía, neuropatía, retinopatía y condiciones cardiovasculares que deterioran la calidad y expectativa de vida de estos pacientes⁽⁵⁾. Por lo cual, la unión de comorbilidades como los altos niveles glucémicos y lipídicos constituye una condición que puede dar lugar a la falla cardíaca. La DM es la sexta causa de muerte en España, mientras que las enfermedades cardiovasculares son las primeras.⁽⁶⁾ Así mismo, organizaciones como la Asociación Americana de Diabetes (ADA, por sus siglas en inglés)⁽⁷⁾, la Academia Americana de Pediatría (AAP, por sus siglas en inglés),⁽⁸⁾ la Asociación Internacional de Diabetes Pedriática y Adolescente (ISPA, por sus siglas en inglés) *International Society of Pediatric y Adolescent Diabetes*⁽⁹⁾ recomiendan intensificar el control de la glucemia, dieta saludable y ejercicio⁽¹⁰⁾.

Dicho lo anterior, es necesario conocer los valores diagnósticos de la diabetes mellitus y la dislipidemia en adultos para poder crear estrategias terapéuticas, según las necesidades del paciente; a sabiendas de su relación con las enfermedades cardiovasculares⁽¹¹⁾. Con respecto a las complicaciones de la diabetes mellitus, esta afecta el aparato cardiovascular, el metabolismo lipídico y la disfunción endotelial⁽¹²⁾. Además, se agrava el miocardio y disminuye su capacidad de contracción, por lo que en estos pacientes la mayoría de las veces existe insuficiencia cardíaca.⁽¹³⁾ A su vez, el metabolismo lipídico se modifica principalmente con la aparición de la "tríada dislipidémica aterogénica", conformada por elevación de triglicéridos, disminución del colesterol HDL (lipoproteínas de alta densidad) y la aparición de pequeñas y densas partículas de colesterol LDL (lipoproteínas de baja densidad)⁽¹⁴⁾.

En cuanto a los síntomas que distinguen a la IC destacan la disnea, la fatiga y la intolerancia al ejercicio; por lo que impacta negativamente en la movilidad funcional, tras la disfunción del músculo esquelético⁽¹⁵⁾. Para esto, el entrenamiento ha sido recomendado según intensidad, duración, frecuencia, tipo de

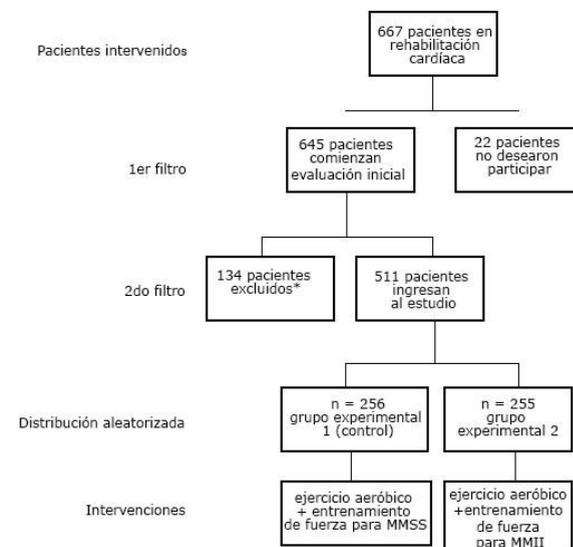
ejercicio e individualización⁽¹⁶⁾. Por ende, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son los efectos del entrenamiento aeróbico y de fuerza, como método para reducir los niveles glucémicos y lipídicos en la insuficiencia cardíaca?

Lo anterior conduce a plantear como objetivo general del estudio: Determinar los efectos del entrenamiento aeróbico y de fuerza como método para reducir los niveles glucémicos y lipídicos en la insuficiencia cardíaca.

Método

La investigación se efectuó con una muestra inicial de 920 pacientes de alto riesgo para ser intervenidos en rehabilitación cardíaca. Luego de los criterios de exclusión, la muestra se redujo a 511 individuos los cuales fueron organizados en dos grupos (fig. 1).

Fig. 1 – Flujograma de distribución de los pacientes.



Leyenda: MMSS = miembros superiores; MMII = miembros inferiores.

Nota al pie: *134 Pacientes excluidos (7 debido a enfermedad infecciosa; 7 por tromboflebitis, 9 angina inestable, 9 diabetes descompensada, 21 debido a cifras sistólicas >190 mmHg, 22 reportaron dolor por safenectomía que evitó la realización de las pruebas y 59 pacientes en la evaluación tuvieron insuficiencia cardíaca descompensada).

Esta investigación fue un ensayo clínico aleatorizado con un muestreo probabilístico básico por medio de una tabla de números aleatorios, seleccionados al azar, a través del programa Microsoft Excel 16.0. De esta manera, el grupo experimental 1 es el grupo control con 256 pacientes (ejercicio aeróbico + entrenamiento de fuerza en miembros superiores) y el grupo experimental 2 con 255 (ejercicio aeróbico + entrenamiento de fuerza para miembros inferiores). El presente estudio se realizó durante tres años (*Trial registration*: NCT03915288.) y la población seleccionada muestra las características reflejadas en la tabla 1.

Tabla 1 - Características iniciales de la población de estudio

Características	Grupo experimental 1 n = 256	Grupo experimental 2 n = 255
Género	H: 155 M: 101	H: 134 M: 121
Edad (años)	67 ± 8	64 ± 5
Fracción de eyección (%)	40 ± 2,6	40 ± 3,5
Estatura (m)	1,60 ± 12	1,64 ± 15,4
Peso corporal (kg)	80 ± 14,9	79 ± 11,6
Índice de masa corporal	32 ± 3,1	31 ± 4,6
Colesterol total (mg/dl)	195 ± 29,5	208 ± 29,6
Triglicéridos (mg/dl)	120 ± 12	160 ± 18,2
LDL (mg/dl)	116 ± 23,4	112 ± 12,7
HDL (mg/dl)	41 ± 2,6	45 ± 9,3
HbA1c (%)	6,6 ± 3,4	6,4 ± 4,1
VO2 estimado	7,3 ± 5,7	7,8 ± 4,3
Distancia recorrida (m)	243 ± 23	219 ± 53
FCM en prueba de esfuerzo	146 ± 16	148 ± 12

Leyenda: LDL = lipoproteínas de baja densidad (siglas en inglés); HDL = lipoproteínas de alta densidad; FCM= frecuencia cardíaca máxima.

Criterios de inclusión en el estudio

Se incluyeron pacientes posoperatorios de cirugía cardiovascular que acudían a rehabilitación cardíaca fase II, los cuales previamente firmaron una forma de consentimiento informado, acreditado por el comité de ética e investigación del CEI-FISICOL en la ciudad de Cúcuta, Colombia. De igual forma, era necesario que los participantes en esta investigación presentaran una insuficiencia cardíaca con fracción de eyección mayor al 35 %; no tener complicaciones para responder los cuestionarios, pruebas y medidas que demanda la investigación y compromiso para ir tres veces por semana a rehabilitación cardiovascular (RCV).

Criterios de exclusión

Se excluyeron a los participantes que presentaban dolor severo en miembros inferiores, angina inestable, frecuencia cardíaca de >120 lpm (latidos por minuto) en reposo; presión arterial sistólica >190 mmHg; presión arterial diastólica >120 mmHg. Igualmente, no se admitieron en la investigación a participantes que tuvieran más de un ítem positivo de contraindicaciones en rehabilitación cardíaca.⁽¹⁷⁾ También se aclaró que cualquier paciente podía retirarse de la investigación cuando lo deseara o debido a una inestabilidad hemodinámica que no mejorara durante algún *test* o en el tiempo de la investigación.

Medición antropométrica

Se obtuvieron de cada uno de los pacientes los siguientes datos: antecedentes familiares y personales mediante un cuestionario de creación propia. De igual forma se recopilaron medidas antropométricas (peso, talla, índice de masa corporal) a través de técnicas estandarizadas en la población colombiana. El peso se obtuvo a través de la báscula digital *Tezzio TB-30037* previamente calibrada y colocada en una superficie plana y estable, basados en las instrucciones del manual de usuario.

Por otro lado, la talla se obtuvo mediante el Tallímetro *Adulto Acrílico Pared Kramer 2104*, mediante la colocación del individuo de pie, con la cabeza en plano de *Frankfort* y con los hombros relajados para controlar la lordosis y miembros inferiores totalmente contra la pared. Con las variables resultantes de las medidas antropométricas anteriores se determinó el IMC en kg/m². Después, con una cinta métrica y una precisión de 1mm, se obtuvo la medida de circunferencia abdominal tomando los puntos de referencia anatómicos dichos por *Frisancho*.⁽¹⁸⁾

Parámetros clínicos y hemodinámicos

Luego de todos los procedimientos anteriores, se determinaron los niveles de glucosa en sangre y en ayunas el primer y último día de la sesión de entrenamiento. Para esto se realizó un procedimiento para determinar la hemoglobina glucosilada (HbA1c), a cargo de un profesional no perteneciente a la investigación (bacteriólogo) del laboratorio de la institución. La toma de muestra sanguínea se realizó en un horario de 7:00 y las 8:00 a.m., con 8-10 horas previas de ayuno.

Se recolectaron e incluyeron muestras sanguíneas en el laboratorio clínico del hospital para definir los niveles de colesterol, triglicéridos, lipoproteínas de baja densidad (LDL) y lipoproteínas de alta densidad (HDL). A cada participante se le realizó una ecocardiografía 2-D (bidimensional) previo y posterior a la intervención para analizar las estructuras, fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) y la contracción en tiempo real. Esta valoración se realizó a cada uno de los participantes en la investigación, según la clasificación NYHA (*New York Heart Association*); la cual designa cuatro clases (I, II, III, IV) basadas en la actividad física limitada de cada paciente. Así mismo, la disnea referida y el esfuerzo se valoraron mediante la escala modificada de *Borg*.⁽¹⁹⁾ La frecuencia cardíaca fue percutada por el sistema *Polar Multisport RS800CX* y la respiratoria, al igual que la presión arterial sistólica y diastólica, se obtuvo de manera manual; mientras que la saturación de oxígeno, se midió con un oxímetro de pulso portátil (*Nellcor Puritan Bennett*).

Pruebas y cuestionarios

Desde el comienzo de la investigación cada participante fue sometido a la valoración médica desde el área de fisioterapia para comprender el estado actual del paciente, características sociodemográficas, antropométricas y fisiológicas. En la misma fecha, se realizó la prueba de caminata de 6 minutos para valorar la tolerancia al ejercicio, el cual fue superpuesto pre y pos 24 sesiones de rehabilitación cardíaca. El test de caminata de 6 minutos se adecuó al protocolo *Statement: Guidelines for the six minute walk test* de la *American Thoracic Society* (ATS).^(20,21)

Por otro lado, para expresar el peso con el cual se iniciaría el entrenamiento en miembros superiores (MMSS) y miembros inferiores (MMII), se emplearon pesas en una repetición, con incremento o disminución de la carga de 2,5 a 8 lb, hasta lograr el peso máximo a levantar. Una repetición máxima (1RM) se estimó conveniente para una extensión completa de la extremidad a trabajar, sin compensaciones musculares. Posterior al día de evaluaciones, el paciente regresó para ser revalorado en una prueba de esfuerzo basado en el protocolo de *Naughton*, recomendado para pacientes de alto riesgo, con estadios de 2 minutos. A cada uno de los pacientes se le explicó que, para tales pruebas, se requería que evitara totalmente ingerir bebidas o algún tipo de droga o medicamento que pudiera alterar su desempeño o signos vitales durante el *test*.

Asignación de la muestra

La investigación refirió una muestra de 511 participantes (H:289 vs M:222) que fueron divididos en dos grupos de manera eventual, mediante un modelo probabilístico simple, con una tabla de números aleatorios. La asignación aleatorizada se llevó a cabo en el programa de Microsoft Excel 16.0.

Metodología a ciegas

Se realiza un estudio clínico simple ciego, en el cual los participantes fueron valorados por personal ajeno a la investigación (médico fisiatra del servicio de rehabilitación cardíaca); se procedió igual con los análisis sanguíneos. Posteriormente, los participantes ingresaron a la base de datos en Microsoft Excel 16.0 exclusivamente con un número de identificación, que permitía el análisis a ciegas por parte de los autores. Un primer autor (J. P-R) capturó el resultado de la asignación de los participantes en los dos grupos de rehabilitación cardíaca y proporcionó el listado del grupo experimental 1 y 2 al resto de los autores F. C-P y D. P-F; P. P-R y I. M-V; respectivamente.

El personal a cargo de la investigación fue el responsable de la elaboración de cuestionarios, *test* y pruebas; todo ello siendo ajenos a la asignación que se le daría a cada participante. Una vez terminado dicho periodo de pruebas, se orientó a los participantes que pasaran al área de rehabilitación cardíaca para que conocieran la fecha y hora en que daría inicio el programa de entrenamiento. Dejando de lado a los fisiatras cardiopulmonares, pasadas 24 sesiones de entrenamiento y según el grupo asignado, estos entregaron un registro preciso, que contenía los cambios fisiológicos y el comportamiento en cada sesión del entrenamiento.

Debe enfatizarse que, desde el inicio del periodo de pruebas hasta el final del programa de entrenamiento, el personal responsable de la investigación mantuvo comunicación centrada en el proyecto, obviando cualquier aspecto fuera de este, tanto con los fisiatras cardiopulmonares y participantes. Solamente el autor J. P-R fue quien de manera periódica realizó reuniones con los terapeutas cardiopulmonares, a fin de verificar y animar el entrenamiento de los grupos, todo ello sin tener contacto con los participantes.

Al concluir con el programa de entrenamiento, se realizaron nuevamente las pruebas y *test* a los participantes con la finalidad de valorar los cambios logrados. Con base en la información recabada, pre y pos entrenamiento, se procedió a realizar los análisis estadísticos del grupo experimental 1 por J. L-V y F. C-P, y del grupo experimental 2 por P. P-R y D. P-F. Para finalizar y con las variables ya analizadas de manera cegada, se procedió a informar a todos los autores en qué grupo se había asignado a cada participante; así como sus resultados y con ello obtener conclusiones.

Intervención a los grupos

El programa de entrenamiento y rehabilitación cardíaca se llevó a cabo en 24 sesiones con una duración de 60 minutos por día (los primeros 10 minutos de inicio y final fueron utilizados para calentamiento y enfriamiento respectivamente, con un parte central de entrenamiento de 40 minutos); tres veces por semana, durante dos meses. El calentamiento, se realizó con movilizaciones generales de los distintos grupos musculares. Por su parte el enfriamiento consistió en ejercicios de coordinación, estiramiento, propiocepción y ejercicios respiratorios.

En lo que respecta la parte central de 40 minutos, fue diferente según el grupo asignado, los participantes del grupo experimental 1

realizaban el ejercicio aeróbico en cicloergómetro y banda sin fin, sumado a los ejercicios de fuerza para miembro superior con equipo multifuerza, ligas de resistencia y pesas tipo mancuernas. Por su parte el grupo experimental 2 siguió las mismas indicaciones que el grupo 1, con la diferencia de que los ejercicios de fuerza se enfocaron en los miembros inferiores con ligas de resistencia, equipo multifuerza y ejercicios para activar la bomba soleo-gemelar.

El ejercicio aeróbico se realizó con una fuerza entre el 50 al 70 % de su frecuencia cardíaca máxima (FCM) obtenida en la prueba de esfuerzo con protocolo de *Naughton*. A su vez en los ejercicios de fuerza se trabajaron entre el 30-50 % de 1RM, teniendo un límite del 70 % para la FCM y una sensación subjetiva al esfuerzo físico no mayor a 6 en la escala de *Borg* modificada. En ambos grupos, el entrenamiento de fuerza se basó con un aumento progresivo de la carga.

Consideraciones éticas

Cabe resaltar que el diseño y desarrollo de la investigación fue llevada a cabo bajo las consideraciones éticas de la *Declaración de Helsinki* y la Resolución No. 008430 del Ministerio de Salud de Colombia y bajo la aprobación de los directivos y el comité de ética e investigación de la institución donde se realizó la investigación.

Análisis estadístico

Se creó una base de datos en Microsoft Excel 16.0 a partir de los resultados de los *test* y medidas pre y posentrenamiento. Después, se llevó a cabo la estadística descriptiva mediante promedios y desviación estándar correspondiente. Se valoró la normalidad de los datos por medio del *test* de *Kolmogorov-Smirnov* y el indicio de especificidad se evidenció para todos los análisis. Asimismo, para la relación pre y posentrenamiento se empleó el análisis de la varianza de una vía (ANOVA) y posteriormente pruebas *post hoc*, a través de la prueba de *Tukey*, para apreciar las características de los distintos grupos de edades, género y antropometría. En todos los casos se instauró un nivel de significación de 5 % ($p < 0,05$) y se realizaron en el programa *Stata*.

Resultados

En el programa inicial de rehabilitación cardíaca ingresaron 920 pacientes, de los cuales 645 cumplieron con los criterios de inclusión en la muestra inicial. Una vez aplicados los criterios de exclusión, 134 quedaron fuera, teniendo como muestra final a 511 (H:289 vs. M:222) pacientes con diagnóstico de posoperatorio cardiovascular e insuficiencia cardíaca (tabla 1).

Se encontraron diversos factores de riesgo, dentro de los que prevalecieron: el sedentarismo (91 % vs. 95 %), la edad (91 % vs. 94 %), antecedentes de infarto agudo de miocardio (IAM) (89 % vs. 93 %), la obesidad abdominal (88 % vs. 89 %), el tabaquismo (76 % vs. 86 %), seguido de diferentes porcentajes de hipertensión arterial, sobrepeso y/o obesidad, diabetes mellitus, entre otros más (tabla 2).

En cuanto al nivel académico, el 29 % estudió hasta educación media, 51 % eran universitarios y el 19 % habían cursado solamente la primaria. Los procedimientos quirúrgicos cardiovasculares realizados fueron: revascularización miocárdica (47,7 % vs. 44,3 %), angioplastia (29,7 % vs. 35,3 %), y en menor prevalencia, reemplazo valvular, cierre de comunicación interauricular, cirugía de *Bentall* y trasplante cardíaco (tabla 3).

Tabla 2 - Factores de riesgo cardiovascular

Características	Grupo experimental 1	Grupo experimental 2
	n = 256	n = 255
Sobrepeso y/o obesidad por IMC	78 %	81 %
Obesidad abdominal	88 %	89 %
Dislipidemia	57 %	49 %
Hipertensión arterial	78 %	82 %
Diabetes	60 %	57 %
Enfermedad renal	9 %	11 %
Sedentarismo	91 %	95 %
Depresión	21 %	27 %
Ansiedad	11 %	15 %
Tabaquismo	76 %	86 %
Alcoholismo	13 %	20 %
Ingesta de comidas inadecuadas	56 %	30 %
Historial de IAM	89 %	93 %
Género femenino	39 %	47 %
Edad	91 %	94 %

Tabla 3 - Procedimientos quirúrgicos cardiovascular

Características	Grupo experimental 1	Grupo experimental 2
	n = 256	n = 255
Revascularización miocárdica	122 (47,7 %)	113 (44,3 %)
Angioplastia	76 (29,7 %)	90 (35,3 %)
Reemplazo valvular	26 (10,1 %)	32 (12,5 %)
Cierre CIA	13 (5,1 %)	7 (2,8 %)
Cirugía de Bentall	16 (6,3 %)	10 (3,9 %)
Trasplante cardíaco	3 (1,2 %)	3 (1,2 %)

Por otra parte, al comparar los valores de hemoglobina glucosilada, fracción de eyección y consumo de oxígeno pico (VO₂ pico) como indicador de tolerancia al ejercicio y los metros recorridos pre y pos de la intervención de cada programa de entrenamiento, basado en ejercicio aeróbico más un componente de fuerza muscular, se observó una mejoría significativa en todas las variables ($p < 0,05$ %). Además, al comparar los resultados entre los grupos, se logró evidenciar mejores resultados con diferencia significativa en el grupo experimental 2 (ejercicio aeróbico + entrenamiento de fuerza para miembros inferiores) ($p < 0,05$ %). De igual manera, se observó un aumento en la fuerza muscular postentrenamiento del 21 % y 24 % en el grupo experimental 1 y grupo experimental 2 respectivamente.

Para los niveles de colesterol total, triglicéridos, HDL y LDL el grupo 1 (col: $195 \pm 29,5$ vs. $182 \pm 21,4$; trig: $120 \pm 12,7$ vs. $117 \pm 16,3$; HDL: $41 \pm 2,6$ vs. $47 \pm 3,4$; LDL: $116 \pm 23,4$ vs. $109 \pm 12,6$) y grupo 2 (col: $208 \pm 29,6$ vs. $173 \pm 16,5$; trig: $160 \pm 18,2$ vs. $138 \pm 7,7$; HDL: $45 \pm 9,3$ vs. $51 \pm 2,3$; LDL: $112 \pm 12,7$ vs. $109 \pm 11,6$) demostraron diferencia significativa en las mediciones pre y pos. Sin embargo, no se encontró ninguna diferencia significativa al comparar los dos grupos para las variables de HDL y LDL ($p > 0,05$ %) (tabla 4).

En cuanto a lo recabado durante los tiempos de sesión del programa de entrenamiento, los participantes manifestaron disnea de moderada intensidad, según la escala de *Borg* (entre 6-8) y fatiga durante los ejercicios. No se presentaron complicaciones metabólicas hemodinámicas o electrocardiográficas durante las sesiones, en ningún participante.

Con relación a la percepción del ejercicio a través de la escala de *Borg* para fatiga y disnea, METs, metros recorridos y consumo de oxígeno

pico, como puntos de referencia de la tolerancia al ejercicio al inicio y final del programa en cada grupo, se obtiene mejora significativa en cada una de las variables. Se subraya que posterior a la intervención los valores en el VO₂ pico aumentaron para el grupo experimental 2 ($7,8 \pm 4,3$ mL/kg-1/min-1 vs. $17,45 \pm 3,3$ mL/kg-1/min-1) con relación a los datos arrojados por el grupo experimental 1 ($7,3 \pm 5,7$ mL/kg-1/min-1 vs. $12,4 \pm 3,3$ mL/kg-1/min-1). Al igual, que en los valores de METs ($2,22 \pm 1,2$ vs. $4,98 \pm 0,9$), distancia recorridos ($219 \pm 5,3$ m. vs. 399 ± 18 m), disnea ($8 \pm 3,8$ vs. $4,3 \pm 2,3$) y fatiga ($9 \pm 1,1$ vs. $3 \pm 2,6$) (tabla 4).

Tabla 4 – Análisis de los cambios Pos entrenamiento

Variables	Grupo experimental 1		Grupo experimental 2		Grupo 1 vs Grupo 2
	Pre	Pos	Pre	Pos	
Fracción de eyección (%)	40 ± 2,6	45 ± 4,6	40 ± 3,5	48 ± 1,3	< 0,001
Peso corporal (kg)	80 ± 14,9	75 ± 4,5	79 ± 11,6	72 ± 4,7	< 0,001
Índice de masa corporal	32 ± 3,1	28 ± 5,3	31 ± 4,6	25 ± 3,5	0,001
Colesterol total (mg/dl)	195 ± 29,5	182 ± 21,4	208 ± 29,6	173 ± 16,5	0,001
Triglicéridos (mg/dl)	120 ± 12,7	117 ± 16,3	160 ± 18,2	138 ± 7,7	< 0,001
LDL (mg/dl)	116 ± 23,4	109 ± 12,6	112 ± 12,7	109 ± 11,6	> 0,05
HDL (mg/dl)	41 ± 2,6	47 ± 3,4	45 ± 9,3	51 ± 2,3	> 0,05
HbA1c (%)	6,6 ± 3,4	5,5 ± 2,7	6,4 ± 4,1	5,1 ± 3,3	0,002
VO ₂ estimado	7,3 ± 5,7	12,41 ± 3,3	7,8 ± 4,3	17,45 ± 3,3	0,001
METs	2,08 ± 1,6	3,54 ± 0,9	2,22 ± 1,2	4,98 ± 0,9	< 0,001
Disnea post TC6M	9 ± 2,4	7,02 ± 1,6	8 ± 3,8	4,3 ± 2,3	0,001
Fatiga post TC6M	8 ± 1,7	5 ± 2,3	9 ± 1,1	3 ± 2,6	0,001
Distancia recorrida (m)	243 ± 23	312 ± 29	219 ± 53	399 ± 18	< 0,001
FCM en prueba de esfuerzo	146 ± 16	150 ± 11	148 ± 12	161 ± 8	0,001

Leyenda: HbA1c = hemoglobina glucosilada; HDL = lipoproteína de alta densidad; LDL = lipoproteína de baja densidad; VO₂ = consumo máximo de oxígeno; FCM = frecuencia cardíaca máxima; kg = kilogramos; % = porcentaje; mg/dl = miligramos sobre decilitros; cm = centímetros; m = metros; METs = equivalente metabólico; TC6M = test de caminata de los 6 minutos.

Discusión

A partir del siguiente estudio se determinó que el entrenamiento de fuerza combinado con el ejercicio aeróbico generó una disminución de los niveles glucémicos y lipídicos posintervención con un programa de rehabilitación cardíaca de 24 sesiones ($p < 0,05$ %). Además, este tipo de intervención mejoró los parámetros para tolerancia al ejercicio, fuerza, VO₂pico, frecuencia cardíaca máxima y otros parámetros hemodinámicos y metabólicos. Por otro lado, en esta investigación se encontró que, durante las sesiones del programa de entrenamiento, los participantes refirieron una disnea percibida según la escala de *Borg* entre 6 a 8 (moderada intensidad), al igual para la sensación de fatiga durante el ejercicio, pero no hubo complicaciones hemodinámicas, electrocardiográficas o metabólicas durante las sesiones de ejercicio.

Diferentes estudios ^(22,23) mencionan que el ejercicio físico puede aumentar satisfactoriamente la percepción del ejercicio y mejorar la sintomatología de las personas con insuficiencia cardíaca con fracción de eyección reducida y preservada, lo que a su vez aumenta la calidad de vida. En nuestro trabajo se logró demostrar una mejoría significativa en todas las variables ($p = <0,05\%$), como fracción de eyección, consumo de oxígeno pico, tolerancia al ejercicio y distancia recorrida pre y pos-test; tras la intervención de cada programa de entrenamiento basado en ejercicio aeróbico más un componente de fuerza muscular; mayor en el entrenamiento de fuerza para miembros inferiores.

Estos datos son similares a lo encontrado por *Aggarwala*, y otros ⁽²⁴⁾, los cuales establecieron que el ejercicio juega un papel importante en la prevención y control de la resistencia a la insulina, la diabetes mellitus tipo II y las complicaciones de salud asociadas. Así mismo, definieron que el entrenamiento aeróbico y de resistencia mejoran la actividad de la insulina y pueden ayudar al control de los niveles de glucosa en sangre y perfil lipídico, como factores de riesgo cardiovascular, mortalidad y calidad de vida.

Por otro lado, *Reddy* y otros ⁽²⁵⁾ demostraron que un programa de ejercicio aeróbico, sumado a un componente de fortalecimiento muscular, aumenta la presión de llenado del ventrículo izquierdo y la presión hidrostática en los capilares pulmonares. Lo anterior permite alterar las fuerzas de *Starling* para favorecer el movimiento de fluido fuera del espacio vascular y en el intersticio; lo que provoca el aumento sobre la permeabilidad capilar pulmonar y evoca disnea.

De la misma manera, la elevación en presiones de llenado a nivel ventricular durante el ejercicio en pacientes con falla cardíaca y fracción de eyección conservada, se asocia con un mayor riesgo de muerte, incluso cuando las presiones de reposo son normales ^(26, 27,28). Por el contrario, la reducción de las presiones de llenado, mejora la disnea y reduce la morbi-mortalidad en pacientes con falla cardíaca y fracción de eyección conservada. ⁽²⁹⁾

Otro estudio desarrollado por *Najafipour* y otros ⁽³⁰⁾ que tenía como objetivo identificar los efectos a largo plazo del entrenamiento con ejercicios regulares sobre los indicadores biológicos en pacientes con diabetes tipo II, encontró que un programa de entrenamiento con ejercicios aeróbicos por tres sesiones a la semana, durante 90 minutos a una intensidad del 50 % a 80 % VO_{2max} , tuvo un efecto significativo en HbA1c, IMC y VO_{2max} . ($p = <0,05\%$).

En comparación con los pacientes en el grupo control, la HbA1c se redujo significativamente, al igual que el IMC y el VO_{2max} mejoró significativamente en el grupo experimental. De la misma manera, en nuestra investigación estos valores posintervención fueron significativamente mayores en los grupos experimentales, con mayores cambios en sujetos entrenados con ejercicio aeróbico con entrenamiento de fuerza en extremidades inferiores. ³⁰

Limitaciones

Las principales limitaciones de nuestro estudio están vinculadas a la duración de la intervención, que, aunque se encontró un efecto positivo en el perfil lipídico y niveles de hemoglobina glucosilada, estos podrían variar en razón del período, además del control de variables asociadas a la alimentación y el control de peso entre los grupos experimentales.

Conclusiones

El entrenamiento de fuerza combinado con el ejercicio aeróbico genera una disminución de los niveles glucémicos y lipídicos significativamente posintervención en un programa de 24 sesiones.

Además, este tipo de entrenamiento aumenta la tolerancia al ejercicio, la fuerza, VO_{2pico} , frecuencia cardíaca máxima y diferentes parámetros hemodinámicos y metabólicos. Hay que destacar que, a pesar de mejorar todas las variables evaluadas, al comparar los grupos de intervención, se evidenciaron mayores beneficios del entrenamiento de fuerza en MMII + ejercicio aeróbico, excepto en las variables de HDL y LDL donde no se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos de intervención.

Referencias bibliográficas

1. Slivnick J, Lampert BC. Hypertension and Heart Failure. *Heart Fail Clin*.2019;15(4):531-41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hfc.2019.06.007>.
2. Castro-Beiras A, Anguita-Sánchez M, Comín J, Vázquez-Rodríguez J-M, de Frutos T, Muñiz J. Organización de la atención a la insuficiencia cardíaca en España: unidades existentes y características. *Rev Esp Cardiol*.2015;68: 633-5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2015.02.017>
3. Redondo MJ, Foster NC, Libman IM, Mehta SN, Hathway JM, Bethin KE *et al*. Prevalence of cardiovascular risk factors in youth with type 1 diabetes and elevated body mass index. *Acta Diabetol*.2016; 53(2):271-7. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00592-015-0785-1>.
4. Ruiz J, Castillo M-A, Castillo M I. Study of Cardiovascular Risk in Immigrant and Spanish Diabetic Patients in the Province of Almería. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*.2014 [acceso 13/1/22];132:420-26. Disponible en: <https://ur.booksc.me/book/26458830/11c42a>.
5. Homma TK, Endo CM, Saruhashi T, Mori AP, Noronha RM, Monte O *et al*. Dyslipidemia in Young patients with type I diabetes mellitus. *Arch Endocrinol Metab*.2015;59:215-19. DOI: <https://doi.org/10.1590/2359-3997000000040> .
6. Wu YP, Rausch J, Rohan JM, Hood KK, Pendley JS, Delamater A, *et al*. Autonomy support and responsibility-sharing predict blood glucose monitoring frequency among youth with diabetes. *Health Psychol*.2014; 33 (10): 1224-31. DOI: <http://doi.org/10.1037/hea0000034>.
7. National Clinical Guideline Centre (UK). Acute Heart Failure: Diagnosing and Managing Acute Heart Failure in Adults. London: National Institute for Health and Care Excellence (UK);2014[acceso13/1/22]Oct. PMID: 25340219. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK248063/pdf/Bookshelf_NBK248063.pdf
8. American Diabetes Association. Children and Adolescents: Standards of Medical Care in Diabetes-2018. *Diabetes Care*. 2018;41(Suppl 1): S126-S136. DOI: <https://doi.org/10.2337/dc18-S012>.
9. Daniels SR, Greer FR; Committee on Nutrition. Lipid screening and cardiovascular health in childhood. *Pediatrics*. 2008;122(1):198-208. DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.2008-1349>.
10. Donaghue KC, Marcovecchio ML, Wadwa RP, Chew EY, Wong TY, Calliari LE *et al*. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Microvascular and macrovascular complications in children and adolescents. *Pediatr Diabetes*.2018;19(Suppl 27): 262-74. DOI: <https://doi.org/10.1111/pedi.12742>.
11. Pereira J. Factores de riesgo cardiovascular. *Editorial Académica Española*. 2016. ISBN: 978-3-659-70239-6.
12. American Diabetes Association. Erratum. Glycemic Targets. Sec. 6. In *Standards of Medical Care in Diabetes-2017*. *Diabetes Care* 2017;40 (Suppl. 1): S48-S56. DOI: <https://doi.org/10.2337/dc17-ero7a>.

13. Russell RR 3rd, Zaret BL. Nuclear cardiology: present and future. *Curr Probl Cardiol.* 2006;31(9):557-629. DOI: <https://doi.org.10.1016/j.cpcardiol.2006.05.002>.
14. Maahs DM, Dabelea D, D'Agostino RB Jr, Andrews JS, Shah AS, Crimmins N, *et al.* SEARCH for Diabetes in Youth Study. Glucose control predicts 2-year change in lipid profile in youth with type 1 diabetes. *J Pediatr.* 2013 Jan;162(1): 101-7.e1. DOI: <https://doi.org.10.1016/j.jpeds.2012.06.006>.
15. Pozehl B, McGuire R, Norman J. Team-based Care for Cardiac Rehabilitation and Exercise Training in Heart Failure. *Heart Fail Clin.* 2015;11(3):431-49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hfc.2015.03.007>.
16. Taylor RS, Long L, Mordi IR, Madsen MT, Davies EJ, Dalal H, *et al.* Exercise-Based Rehabilitation for Heart Failure: Cochrane Systematic Review, Meta-Analysis, and Trial Sequential Analysis. *JACC Heart Fail.* 2019;7(8):691-705. DOI: <https://doi.org.10.1016/j.jchf.2019.04.023>.
17. Sociedad Interamericana de Cardiología, Sociedad Sudamericana de Cardiología, Comité Interamericano de Prevención y Rehabilitación Cardiovascular. Consenso de Rehabilitación Cardiovascular y Prevención Secundaria de las Sociedades Interamericana y Sudamericana de Cardiología. *Rev Urug Cardiol.* 2013;28:189-224.
18. Frisancho R. Anthropometric standard for the assessment of growth and nutritional status. Chapter II: Methods and materials. Ann Arbor: University of Michigan Press. 1993[acceso 13/1/22];9-31. Disponible en: <https://www.scielo.edu.uy/pdf/ruc/v28n2/v28n2a11.pdf>.
19. Fett CA, Fett WC, Marchini JS. Circuit weight training vs jogging in metabolic risk factors of overweight/obese women. *Arq Bras Cardiol.* 2009Nov;93(5):519-25. DOI: <https://doi.org.10.1590/s0066-782x2009001100013>.
20. Enright PL, Sherrill DL. Reference equations for the six-minute walk in healthy adults. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998;158(5 Pt 1):1384-7. DOI: <https://doi.org.10.1164/ajrccm.158.5.9710086>.
21. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166 (1):111-7. DOI: <https://doi.org.10.1164/ajrccm.166.1.at1102>
22. Barrett-O'Keefe Z, Lee JF, Berbert A, Witman MA, Nativi-Nicolau J, Stehlik J, *et al.* Hemodynamic responses to small muscle mass exercise in heart failure patients with reduced ejection fraction. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2014; 307(10):H1512-20. DOI: <https://doi.org.10.1152/ajpheart.00527.2014>.
23. Borlaug BA, Nishimura RA, Sorajja P, Lam CS, Redfield MM. Exercise hemodynamics enhance diagnosis of early heart failure with preserved ejection fraction. *Circ Heart Fail.* 2010; 3(5):588-95. DOI: <https://doi.org.10.1161/CIRCHEARTFAILURE.109.930701>.
24. Scheen AJ. Management of the metabolic syndrome. *Minerva Endocrinol.* 2004[acceso 13/1/22];29(2): 31-45. PMID:15257254. Disponible en: <https://orbi.uliege.be/handle/2268/11710>.
25. Reddy YNV, Olson TP, Obokata M, Melenovsky V, Borlaug BA. Hemodynamic Correlates and Diagnostic Role of Cardiopulmonary Exercise Testing in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. *JACC Heart Fail.* 2018;6 (8): 665-75. DOI: <https://doi.org.10.1016/j.jchf.2018.03.003>.
26. Olson TP, Johnson BD, Borlaug BA. Impaired Pulmonary Diffusion in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. *JACC Heart Fail.* 2016;4(6):490-8. DOI: <https://doi.org.10.1016/j.jchf.2016.03.001>.
27. Nanayakkara S, Haykowsky M, Mariani J, Van Empel V, Maeder MT, Vizi D. Hemodynamic Profile of Patients With Heart Failure and Preserved Ejection Fraction Vary by Age. *J Am Heart Assoc.* 2017;6(9):e005434. DOI: <https://doi.org.1161/JAHA.116.005434>.
28. Dorfs S, Zeh W, Hochholzer W, Jander N, Kienzle RP, Pieske B *et al.* Pulmonary capillary wedge pressure during exercise and long-term mortality in patients with suspected heart failure with preserved ejection fraction. *Eur Heart J.* 2014;35(44):3103-12. DOI: <https://doi.org.10.1093/eurheartj/ehu315>.
29. Kasawara K, Miñana M, Hanada M, Reid, WD. Pathophysiology of Muscle in Pulmonary and Cardiovascular Conditions. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal.* 2019;30:5-14. DOI: <https://doi.org.10.1097/CPT.0000000000000096>.
30. Najafipour F, Mobasser M, Yavari A, Nadrian H, Aliasgarzadeh A, Mashinchi Abbasi N, *et al.* Effect of regular exercise training on changes in HbA1c, BMI and VO₂max among patients with type 2 diabetes mellitus: an 8-year trial. *BMJ Open Diabetes Res Care.* 2017;5(1):e000414. DOI: <https://doi.org.10.1136/bmjdr-2017-000414>.

DIRECCION PARA CORRESPONDENCIA: Javier Eliecer Pereira-Rodríguez, Universidad Federal de Alfenas, Brasil y Centro de Estudios e Investigación FISICOL. Cúcuta, Colombia. E-mail: jepr87@hotmail.com.

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



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