



Artículo de investigación

Efecto del entrenamiento de fuerza sobre las cualidades físicas en rehabilitación cardíaca: estudio cuasiexperimental

Effects of strength training on physical qualities in cardiac rehabilitation: an interventionist study

Jonny Alonso Garzón MD^a
César Rojas Cetina MD^b

^a Medicina de la Actividad Física y del Deporte, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud. Hospital Infantil Universitario de San José, Bogotá DC, Colombia.

^b Medicina de la Actividad Física y del Deporte, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud, Bogotá DC, Colombia.

RESUMEN

Introducción: combinar trabajo aeróbico con actividades de entrenamiento de fuerza constituye una alternativa de gran interés dentro de los programas de rehabilitación cardíaca, debido a la influencia ejercida sobre algunas cualidades físicas y la potencialización de los beneficios del ejercicio. **Objetivo:** evaluar cambios en cualidades físicas en pacientes fase III de rehabilitación cardíaca, posterior a la aplicación de un programa de fuerza. **Materiales y métodos:** estudio cuasiexperimental en 35 pacientes mayores de 40 años asistentes a la Unión de Médicos de la Actividad Física en Bogotá, Colombia, a quienes se les realizó una evaluación inicial de composición corporal, prueba de fuerza, propiocepción y flexibilidad; se completaron 36 sesiones de un programa de fuerza, con una evaluación final de las mismas variables. El análisis se hizo con medidas de frecuencia, de tendencia central, dispersión y prueba de Wilcoxon para datos pareados. **Resultados:** se vincularon 35 pacientes, 54,3% hombres, edad promedio 65,7 años. Se observó diferencia significativa $p < 0,05$ en la mediana del peso levantado y número de repeticiones en la extensión de rodilla, fuerza de agarre y propiocepción después de la intervención. No se observó diferencia en composición corporal y flexibilidad. **Conclusiones:** se observaron cambios en la fuerza y propiocepción después del entrenamiento de fuerza en pacientes con comorbilidades y edad mayor de 40 años, usuarios pertenecientes a un programa de rehabilitación cardíaca.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:
Fecha recibido: mayo 31 de 2020
Fecha aceptado: febrero 9 de 2021

Autor para correspondencia.
Jonny Alonso Garzón
jonnyalonso@hotmail.com

DOI
10.31260/RepertMedCir.01217372.938

No hubo cambios en la flexibilidad, se sugiere un entrenamiento de mayor amplitud para los grupos musculares. No se presentaron eventos adversos.

Palabras clave: rehabilitación cardíaca, entrenamiento de fuerza, acondicionamiento físico.

© 2021 Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud - FUCS.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

ABSTRACT

Introduction: to combine aerobic and strength training activities constitute an interesting alternative in cardiac rehabilitation programs, for they influence certain physical qualities and enhance the benefits of exercising. *Objective:* to evaluate changes on physical qualities in cardiac rehabilitation phase III patients, after a strength training program. *Materials and Methods:* an interventionist study in 35 patients aged over 40 years attending Unión de Médicos de la Actividad Física in Bogotá, Colombia, who had an initial body composition evaluation and strength, proprioception and flexibility tests; they completed 36 sessions of a strength training program and a final evaluation of same variables. Frequency, central tendency, dispersion measures and the Wilcoxon paired test were used for analysis. *Results:* among 35 participants, 54.3% were men with mean age 65.7 years. After the intervention a significant difference, $p < 0.05$, was observed in the mean weight lifted and the number of repetitions of knee extension performed, grip strength and proprioception. No difference in body composition and flexibility was evidenced. *Conclusions:* changes in strength and proprioception were evidenced in patients with comorbidities and aged over 40 years participating in a cardiac rehabilitation program. No changes in flexibility were observed. We suggest greater muscle group amplitude training. No adverse events were present.

Key words: cardiac rehabilitation, strength training, physical conditioning.

© 2021 Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud - FUCS.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

INTRODUCCIÓN

Los pacientes que presentan eventos coronarios tienen al año una mayor tasa de mortalidad, reinfarto o reingreso por angina inestable de 15.4% con tratamiento invasivo y 29,6% conservador, a los dos años de 23,5% vs 36,6% y a los cuatro años de 31,7% vs 44%. Además, la intolerancia al ejercicio después de una cirugía valvular del corazón puede influir en la disminución de la fuerza muscular.¹

En este sentido es necesario establecer medidas estrictas de prevención encaminadas a evitar la progresión de la patología y mejorar la capacidad funcional.² Para tal fin la actividad física se considera una terapia no farmacológica eficaz en la prevención tanto primaria como secundaria de la enfermedad coronaria (CHD).³ En general los programas de rehabilitación cardíaca promueven la prevención secundaria, demostrando ser seguras, apropiadas y costo efectivas, vías que conducen a una disminución en la estancia hospitalaria, mejoras en la capacidad de ejercicio y beneficios en calidad de vida relacionados con la salud, reduciendo la mortalidad en una variedad de patologías cardíacas.⁴⁻¹⁴

La rehabilitación cardíaca además de la actividad física brinda un componente educativo acerca de los factores de riesgo de la enfermedad coronaria que le permiten al paciente un ajuste físico, psicológico y social posterior

a su enfermedad.^{8,12,15,16} Los beneficios del ejercicio cardiovascular son ampliamente conocidos, entre los que se encuentran la mejoría del perfil lipídico y la sensibilidad a la insulina, desempeñando un papel importante en el control del peso y disminución de la presión arterial y la proteína C reactiva, entre otros biomarcadores.^{6,11,13,14,17-21} El objetivo de la actividad física es entonces contrarrestar el declive en el funcionamiento de los sistemas cardiovascular, neuromuscular y osteomuscular, encontrando pacientes con atrofia muscular, cambios en el tipo de fibra del músculo y disfunción metabólica.²² En efecto, la fuerza muscular esquelética está estrechamente relacionada con la tolerancia al ejercicio en pacientes con cardiopatía.²³

El ejercicio de fuerza es considerado como una intervención adecuada para el manejo y control de factores de riesgo por la American Heart Association (AHA) y la American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation (AACVPR), entidades que introducen el entrenamiento de fuerza como complemento de los programas de rehabilitación cardíaca^{24,25}, siendo esta una modalidad efectiva y segura de ejercicio para pacientes con enfermedad coronaria.^{5,6,13,14,20,21} Además de una estrategia eficaz para mejorar la potencia, hipertrofia y

fuerza muscular^{5,26-29} hay un aumento significativo de esta última asociada con un buen pronóstico en supervivencia, rendimiento funcional, promoción de vida independiente, retorno al trabajo y actividades físicas domésticas (HPA).³⁰ También puede ayudar a mejorar las características de salud tales como resistencia a la insulina y función endotelial.^{5,6,8,9,11,12,19,25-31} Para ello, se han evaluado algunos protocolos cortos de entrenamiento de fuerza realizados 2 a 3 veces a la semana de baja a moderada intensidad y de dos a tres series de ocho a quince repeticiones por ejercicio y con descanso de 30 a 120 segundos por serie^{6,10,11,14}, además de ejercicios con contracciones isométricas empleando métodos convencionales como el Huber Motion Lab (HML)³⁰ o entrenamientos con ejercicios de contracción excéntrica por ocho semanas en sujetos masculinos (rango de edad 42 a 66 años)³², que han demostrado ser seguros y permiten una disminución de factores de riesgo asociados con cardiopatía como diabetes mellitus, hipertensión arterial, sarcopenia y cambios en la composición corporal, aumentando la masa magra y disminuyendo la masa grasa.²⁵ El cambio asociado con el envejecimiento que consiste en la reducción progresiva de la masa muscular esquelética conlleva a una disminución de la fuerza y la funcionalidad, que aumenta el riesgo de presentar resultados adversos como discapacidad física, calidad de vida deficiente y mortalidad.^{5,25,33-36} Se han visto beneficios adicionales en otras cualidades físicas como la flexibilidad y propiocepción, descritos en otros estudios^{37,38}, una alternativa es utilizar el método Tai Chi en su estilo Wu, el cual mejora parámetros de fuerza, equilibrio y flexibilidad, importantes en la incorporación en programas de rehabilitación cardíaca fase III.³⁹ El entrenamiento de fuerza adecuadamente prescrito con los componentes de modo, frecuencia, duración e intensidad y supervisado por especialistas, incrementa la fuerza, lo que conlleva a un buen desempeño en las actividades de la vida diaria^{6,21}, disminución de los casos de depresión y ansiedad⁴⁰, mejora en la postura e integridad articular, además de disminuir el riesgo de caídas y favorecer la condición física.^{20,31-41}

Actualmente en Colombia no existen estudios que hayan medido los efectos de un entrenamiento de fuerza sobre las cualidades físicas en pacientes en fase III de rehabilitación cardíaca, por lo tanto evaluar estos cambios después de la aplicación de un programa de fuerza justifica esta investigación.

de predicción del COVID-19 al mes de agosto 2020 habrá una cifra cercana a 70.000 contagios. El objetivo de esta investigación es comparar si hay diferencias en los promedios de personas con contagio positivo, fallecidos y recuperados entre los diferentes departamentos y distritos de Colombia.

MÉTODOS

Se realizó un estudio cuasi experimental entre abril 2014 y julio 2015, en pacientes en fase III de rehabilitación cardíaca, asistentes a la Unión de Médicos de la Actividad

Física (UMAF), sede Fitboxes, en Bogotá, Colombia, en el que se evaluaron los cambios físicos posteriores a un programa de fuerza con resultados mayores o iguales a 6 METs en prueba de banda sinfín estandarizada, realizada bajo supervisión de personal médico. La intervención se realizó en 35 pacientes con edades superiores a 40 años, se consideraron como motivos de exclusión pacientes con malformaciones cardíacas no tratadas, con alguna discapacidad física según las guías The American College Of Sport Medicina (ACSM) y American Heart Association (AHA).^{42,43} (Todos los participantes fueron informados por escrito sobre la naturaleza, procedimiento, beneficios y posibles eventos adversos del programa de fuerza y firmaron consentimiento informado. Este trabajo fue aprobado por el comité de ética en investigación en seres humanos. Se rige por las normas internacionales del Código Nüremberg del 20 de agosto de 1997, la declaración de Helsinki Asamblea General de octubre 2013, el informe Belmont 1979 y la resolución 008430 del ministerio de salud colombiano.

En la recopilación de datos se registraron variables demográficas como edad, género, estrato sociodemográfico, antecedentes médicos entre los que se encuentran hipertensión arterial, diabetes mellitus, dislipidemia, obesidad, enfermedad arterial periférica y antecedente de tratamiento médico o quirúrgico de evento coronario agudo.

En los datos clínicos evaluados antes y después se consideraron talla, peso con impedanciometría de cuatro puntos, porcentaje graso, porcentaje muscular e índice de masa corporal (IMC). La evaluación de las cualidades físicas se desarrolló con test de Romberg modificado para evaluar propiocepción⁴² fuerza de agarre con dinamometría, protocolo Bruce modificado para determinar resistencia cardiopulmonar, test submáximo Brzycki para obtener repetición máxima de cuádriceps en extensión de rodilla, test de Wells para valorar flexibilidad y crunch de abdomen para valorar fuerza abdominal a partir del número de repeticiones en 60 segundos.

Programa de fuerza

Se llevó a cabo un plan de ejercicio aeróbico y de fuerza muscular en el cual se evaluaron las cualidades físicas. Inicialmente el paciente realizó puesta a punto en banda sinfín por 10 minutos con una intensidad de *Borg* 4/10 (moderado) y una inclinación de 2%. El plan de ejercicios de fuerza consistió en ejercicios de extensión y flexión de rodillas con máquina multifuerza, curl de bíceps con mancuerna y ejercicio mariposa (PECK-DECK-FLY) con una carga inicial de 40% - 60% de 1RM 3 series de 15 a 20 repeticiones, de 2 a 3 sesiones por semana, hasta completar un total de 36 sesiones.

Análisis estadístico

La información obtenida se analizó con el programa *stata* 12. Las variables cualitativas se reportan como frecuencias absolutas y porcentajes. Las variables cualitativas se analizaron mediante medidas de tendencia central y

dispersión, según su distribución. Además, se empleó prueba *Wilcoxon* para comparar la mediana de cambio de fuerza de cuádriceps, agarre, número de repeticiones de abdominales y cuádriceps al igual que propiocepción en miembros inferiores antes y después de la intervención.

RESULTADOS

En el estudio participaron 35 pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión. La descripción de los

participantes se muestra en la **tabla 1**. La edad promedio del grupo en intervención fue de 65,8 (DE 8,2), la mayoría eran hombres (54,3%) y más de dos tercios de la población pertenecían al estrato 3 (67,6%). Se presentó mayor frecuencia de pacientes con comorbilidades 1 y 2 (34,3%), siendo por orden de frecuencia, hipertensión arterial, dislipidemia, obesidad, diabetes mellitus y enfermedad arterial periférica. Solo 65,7% (n=23) de los pacientes completaron las 36 sesiones. fallecidos, diseñándose como una relación causal; se expone de la siguiente forma:

Tabla 1. Características demográficas, clínicas y condiciones iniciales de los participantes (n=35)

VARIABLE	n=35
Sexo n (%)	
masculino	19 (54,3)
femenino	16 (45,7)
Edad años media (DE)	65,2 (8,2)
Composición corporal media (DE)	
peso total (k)	72,3 (11,3)
% grasa	30,6 (8,19)
% músculo	32,8 (6,70)
IMC	27,3 (3,5)
Número de comorbilidades n (%)	
ninguna	4 (11,4)
1	12 (34,3)
2	12 (34,3)
3	7 (20,0)
Estrato social n (%)	
2	3 (8,9)
3	23 (67,6)
4	7 (20,6)
5	1 (2,90)
Peso levantado k en extensión de rodilla media (DE)	20,6 (8,64)
# repeticiones extensión de rodilla media (DE)	15,6 (8,78)
Fuerza dinamometría k derecha media (DE)	28,1 (9,48)
Fuerza dinamometría k izquierda media (DE)	28,6 (9,79)
Propiocepción derecho media (DE)	2,8 (0,94)
Propiocepción izquierdo media (DE)	2,5 (0,88)
Flexibilidad cm medias (DE)	-10,4 (7,71)
Tratamiento inicial	
médico n (%)	15 (42,9)
peso levantado en k extensión de rodilla media (DE)	20,3 (7,66)
quirúrgico n (%)	20 (7,10)
peso levantado en k extensión de rodilla media (DE)	20,7 (9,49)
Número de sesiones n (%)	
< 36	12 (34,3)
36	23 (65,7)

Fuente: los autores.

En la **tabla 2** se muestran los resultados de las cualidades físicas evaluadas, la mediana de peso levantado en extensión de rodilla fue de 25 k (RIQ 15-30) antes, y de 30 k^(RIQ 25-35) después. El número de repeticiones en la extensión de rodilla fue de 12 (RIQ 10-19) en mediana y pasó a 19 (RIQ 16-25). Se encontró una diferencia con significación

estadística ($p < 0,05$) y clínicamente en prueba de resistencia cardiopulmonar METs, peso levantado en extensión de rodilla, número de repeticiones en extensión de rodilla, número de repeticiones abdominales, fuerza de agarre en dinamometría y propiocepción bilateral.

Tabla 2. Características demográficas, clínicas y condiciones iniciales de los participantes (n=35)

CUALIDADES FÍSICAS	Antes n=23	Después n= 23
Prueba resistencia cardiopulmonar METs media (DE)	6,3 (0,55)	6,9 (0,74)
Peso levantado en k extensión de rodilla medianas (RIQ)	25 (15-30)	30 (25-35)
# de repeticiones extensión de rodilla medianas (RIQ)	12 (10-19)	19 (16-25)
# repeticiones abdominales medianas (RIQ)	20 (12-22)	21 (15-28)
Fuerza dinamometría k derecho medianas (RIQ)*	30 (20-32)	32 (26-38)
Fuerza dinamometría k izquierdo medianas (RIQ)*	30 (22-32)	32 (25-36)
Propiocepción derecho medianas (RIQ)	3 (2-3)	3 (3-4)
Clasificación propiocepción derecho n (%)		
muy malo	2 (8,70)	1 (4,40)
malo	4 (17,4)	2 (8,70)
regular	13 (56,5)	13 (56,5)
bueno	3 (13,0)	5 (21,7)
excelente	1 (4,40)	2 (8,7)
Propiocepción izquierdo medianas (RIQ)	2 (2-3)	3 (3-30)
Clasificación propiocepción izquierdo n (%)		
muy malo	1 (4,3)	1 (4,30)
malo	12 (52,2)	4 (17,4)
regular	8 (34,8)	13 (56,5)
bueno	1 (4,3)	3 (13,0)
excelente	1 (4,4)	2 (8,7)
Flexibilidad cm medianas (RIQ)	-11 (-15;-6)	-10 (-16;-1)
Composición corporal media (DE)		
peso total k	74,0 (12,86)	74,3 (12,54)
% grasa	31,6 (8,05)	30,5 (7,57)
% músculo	31,0 (5,64)	31,1 (4,26)
IMC peso/talla² media (DE)	27,7 (3,83)	27,8 (3,41)
tratamiento al inicio media (DE)		
médico peso levantado en k extensión de rodilla	23,1 (7,03)	30 (8,86)
quirúrgico peso levantado en k extensión de rodilla	22,3 (10,15)	27,3 (7,76)

Fuente: los autores.

DISCUSIÓN

De los 35 pacientes incluidos en el estudio, solo 65,7% completaron la totalidad de las sesiones, una de las principales causas que manifestaron de la no continuidad fue el número de sesiones requeridas por semana (2-3 veces) y las dificultades de desplazamiento en Bogotá. Este porcentaje evidenció una adherencia significativa, se estima que esta puede variar entre 17 y 44%⁴³ y que el factor

sociodemográfico es el de mayor incidencia en el momento de la deserción, lo cual está acorde con otros estudios^{44,45} en los cuales se reporta hasta 66,5% \pm 18,5% de participantes de rehabilitación cardíaca que acuden a sesiones de ejercicio prescritas de un programa estructurado.⁴ También se ha descrito en estudios observacionales que la adherencia a un programa de ejercicio es más alta en hombres entre 51 y

64 años⁴⁶, comportamiento similar al de la muestra, con un porcentaje de 54,3% y edad promedio de 65,7 años.

Por otro lado, no se encontraron cambios clínicamente importantes en la flexibilidad de los individuos que completaron la intervención, este comportamiento ha sido asociado con la direccionalidad del entrenamiento, en el que solo se consideraron algunos grupos musculares con un número reducido de ejercicios, que comparados con la literatura evidencian la necesidad de incrementar el número, el volumen y el tiempo. Por ejemplo, Morton SK y col. han mostrado un aumento de la flexibilidad con ejercicios de fuerza involucrando casi todos los grupos musculares, con un volumen de 10 ejercicios y 3 series por cada uno durante 6 meses a razón de 3 veces por semana.^{30,47,48} El motivo de no involucrar un número considerable de ejercicios por grupo muscular en este programa de fuerza fue el desarrollo de ejercicios de cadena cinética abierta, ejercicios exigentes como el leg extensión. En este tipo de ejercicios las fuerzas producidas pueden ocasionar algunas cortantes y compresivas que son perpendiculares al plano anterior de la tibia y causan molestias o dolor al realizar el ejercicio afectando el rendimiento de la prueba, en comparación con ejercicios de cadena cinética cerrada como la sentadilla⁴⁹, cabe destacar que no se reportaron lesiones o dolor durante la intervención. Se ha visto que el entrenamiento de fuerza en periodos cortos tiene un efecto beneficioso en la población mayor de 65 años. En el estudio de Paul D. Xanthos por ejemplo, que incluyó metaanálisis para entrenamiento combinado (aeróbico y fuerza) de corta duración versus entrenamiento aeróbico de corta duración individual, demostró que el combinado fue superior al aeróbico de corta duración, para el mejoramiento en la aptitud cardiorrespiratoria y fuerza muscular.⁶ El estudio de Serra-Rexach y col. describió que con un programa de fuerza de intensidad baja moderada (30-70% 1RM), durante 8 semanas en pacientes entre 90 y 94 años, se obtuvo un aumento en la fuerza para el press (prensa) de pierna en 10.6 k y se evidenció una reducción en el número de caídas en estos pacientes.⁵⁰ Thompson Kr y col. llevaron a cabo un estudio en mujeres con un promedio de edad de 65 años que después de un programa de entrenamiento de fuerza de 3 meses, 3 veces por semana, a una intensidad alta (80% 1RM), 10 ejercicios de grupos musculares grandes, hallaron una mejoría en la fuerza y propiocepción que se evaluó mediante la capacidad de reproducir un ángulo de articulación (RJA).⁵¹ Por otro lado, el estudio de Mattew Hollings y col. indica que son mayores los beneficios del entrenamiento de fuerza con alta intensidad en adultos mayores, y que aunque en su revisión y metaanálisis no fueron identificadas relaciones dosis respuesta, hay evidencia de que el entrenamiento de fuerza de alta intensidad (por encima 80% 1RM) produce una respuesta hemodinámica más baja que el ejercicio de baja intensidad en adultos con enfermedad coronaria, sugiriendo que se necesita más evidencia para encontrar la seguridad y

eficacia del entrenamiento de fuerza de alta intensidad en enfermos coronarios.⁵ Esto está en contraste con el estudio de Paul D. Xanthos, con revisión y metaanálisis en donde los datos sugieren que el entrenamiento de fuerza de alta intensidad es más benéfico que el de baja y moderada intensidad para mejorar la aptitud cardiorrespiratoria, debido a una relación dosis respuesta entre la intensidad del entrenamiento de fuerza y el mejoramiento en la fuerza muscular.⁶ En la población objeto de estudio se observó un aumento en la mediana de peso levantado en extensión de rodilla y fuerza de agarre, además se encontró una mejoría en propiocepción, resultado clínicamente importante pues está relacionado con una disminución del número de caídas y mejoría de la marcha.^{50,52,53}

En el estudio de Teixeira y col. realizado en mujeres posmenopáusicas se evaluó un programa de fuerza con duración de 18 semanas, intensidad baja moderada (50-80% 1RM) dos veces a la semana, con una mejoría de la fuerza asociada con prevención de caídas y mejoría del desempeño de las actividades diarias.⁵⁴ Lo mismo describió Flavia R. Caruso hallando un incremento significativo no homogéneo de la tolerancia a la carga máxima y submáxima.²⁹ En este estudio se informaron cambios estadísticamente significativos ($p < 0,05$) en la mediana de peso levantado en extensión de rodilla, agarre y número de repeticiones en extensión de rodilla a intensidades baja/moderada con volúmenes altos después de la intervención. Desde el punto de vista clínico el aumento de la fuerza y propiocepción son importantes, porque se han visto relacionados con superior movilidad, mejorando así la independencia, el equilibrio, la realización de tareas de la vida cotidiana y la disminución de caídas.^{20,31,55,56} En el presente estudio no se evaluaron las variables calidad de vida, movilidad y desempeño de las actividades diarias, las cuales sería importante tener en cuenta para futuros estudios.

En cuanto al peso y los promedios en los porcentajes de las masas muscular y grasa, no se evidenciaron cambios. Según el Colegio Americano de Medicina del Deporte la recomendación para mayor pérdida de peso y prevenir su recuperación con actividad física, es de 250 a 300 min/sem (aproximadamente 2000 kcal/sem) de intensidad moderada que puede ser medida por METs o Kcal/día. El entrenamiento de fuerza para la pérdida de peso no es tan efectivo sin restricción de la dieta.⁵⁷ Así también lo indicó el estudio de Robert Berent y col. que aunque no encontraron una reducción significativa de peso e índice de masa corporal, hubo un incremento de 18% en la potencia máxima media absoluta medida en el cicloergómetro20; también hay evidencia que uno de sus beneficios es la reducción de la grasa visceral, así como el aumento de la masa muscular.¹¹ Siguiendo esta evidencia el estudio de Susan Marzolini y col. con un metaanálisis documenta que el entrenamiento combinado comparado con solo el aeróbico disminuyó 2.3% el porcentaje corporal graso, la grasa abdominal 0.56 y aumentó la masa libre de grasa en 0.9 k.¹⁹ En este estudio

no se realizó restricción de ingesta calórica. Se recomienda que todo programa de fuerza vaya de la mano de una restricción calórica de manera individualizada, teniendo en cuenta la tasa metabólica basal y el gasto calórico en las actividades de la vida diaria.

Como resultado importante, se halló que los hombres tuvieron un cambio mayor en el promedio de peso levantado y número de repeticiones en extensión de rodilla, además de la fuerza de agarre bilateral con respecto a las mujeres; este fenómeno se puede explicar gracias a la influencia de la testosterona sobre las fibras musculares como un estimulador de la síntesis de proteínas. Además, la hormona estimula la transición de la fibra tipo II a un perfil más glicolítico y de esta forma influye en la fuerza. El estudio de Cadore Lusa y col. describe que en individuos sometidos a cargas de entrenamiento iguales, aquellos que presentan mayores niveles de testosterona logran mayor resistencia del músculo y potencia tras el entrenamiento. Por lo tanto los hombres tienen una mejoría evidente en comparación con las mujeres, ya que el trabajo realizado durante un programa de fuerza puede ser un factor determinante en la respuesta aguda de la testosterona, lo que resulta en aumento de la fuerza y la masa muscular.⁵⁸

En el grupo ≥ 70 años, el promedio del cambio en las cualidades físicas fue menor en comparación con los más jóvenes. La edad es una limitante para la mejoría de la función y la masa muscular después de los ejercicios de fuerza, siendo más evidente en los adultos jóvenes tal vez debido a un menor "estado de desacondicionamiento." La prevalencia de sarcopenia varía según la edad.⁵⁹ Aunque no se consideraron los criterios para este diagnóstico a pesar de haber medido fuerza de agarre, porcentaje muscular y rendimiento en la prueba de leg extensión, se podría determinar la prevalencia en esta población y determinar si estos criterios varían con un programa de fuerza.

Estos programas de fuerza son seguros, incluso en individuos con comorbilidades, y pueden ayudar en la prevención de caídas, discapacidad y ganancias de independencia.⁵⁹ No se presentaron eventos adversos durante el ejercicio en el desarrollo del presente estudio. Se sugiere la combinación del entrenamiento de fuerza con trabajos de flexibilidad y criterios sociodemográficos en la selección de pacientes para garantizar la continuidad.

Se consideraron como motivos de exclusión pacientes con malformaciones cardíacas no tratadas, con alguna discapacidad física según las guías The American College Of Sport Medicina (ACSM) y American Heart Association (AHA).^{42,43} (Todos los participantes fueron informados por escrito sobre la naturaleza, procedimiento, beneficios.

CONCLUSIÓN

Se observaron cambios en la fuerza y propiocepción después del entrenamiento de fuerza en pacientes con

comorbilidades y edad mayor de 40 años, pertenecientes a un programa de rehabilitación cardíaca. No se observaron cambios en la flexibilidad, se sugiere un entrenamiento de mayor amplitud para los grupos musculares. No hubo eventos adversos. Este trabajo muestra la factibilidad y la seguridad de un programa de fuerza en pacientes en rehabilitación cardíaca tipo III. Una gran limitante fue la pobre adherencia de los individuos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud por su apoyo financiero y asesoría metodológica, al Hospital Infantil Universitario de San José y en particular a los residentes de la especialización en Medicina de la Actividad Física y el Deporte en la fase de recolección y análisis de datos.

Agradecemos la colaboración en la presentación de este trabajo a Omar Adrián Benavides, Vanessa Preciado, Leonardo Velásquez, Ivonne Maritza Cano, Cosme Alejandro Velásquez y Andrés Felipe Gil.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

DECLARACIÓN DE FINANCIACION DEL PROYECTO

Este proyecto ha sido financiado en su totalidad por la Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud.

REFERENCIAS

1. Sumide, T, Shimada K, Ohmura H, Onishi T, et al. Relationship between exercise tolerance and muscle strength following cardiac rehabilitation: comparison of patients after cardiac surgery patients with myocardial infarction. *J Cardiol*, 2009;54(2):81. doi: 10.1016/j.jcc.2009.05.016 1.
2. Alonso, JJ, Azpitarte J, Bardajía A, Cabadés A, et al. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en cirugía coronaria. *Rev Esp Cardiol*, 2000;53(2):241-266.
3. Ades, PA. Cardiac rehabilitation and secondary prevention of coronary heart disease. *N Engl J Med*. 2001;345(12):892-902. doi: 10.1056/NEJMra001529
4. Ambrosetti, M, Doherty P, Faggiano P, Corrà U, et al., Characteristics of structured physical training currently provided in cardiac patients: insights from the Exercise Training in Cardiac Rehabilitation (ETCR) Italian survey. *Monaldi Arch Chest Dis*. 2017;87(1):778. doi: 10.4081/monaldi.2017.778

5. Hollings, M, Mavros Y, Freeston J, Fiatarone Singh M, et al. The effect of progressive resistance training on aerobic fitness and strength in adults with coronary heart disease: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Eur J Prev Cardiol*, 2017;24(12):1259. doi: 10.1177/2047487317713329
6. Xanthos, PD, Gordon BA, Kingsley MI. Implementing resistance training in the rehabilitation of coronary heart disease: A systematic review and meta-analysis. *Int J Cardiol*, 2017;230:493-508. doi: 10.1016/j.ijcard.2016.12.076
7. Leprière, PM, Bulvestre M, Ahmaidi S, Delanaud S, et al. Exercise-based Cardiac Rehabilitation in Coronary Disease: Training Impulse or Modalities?. *Int J Sports Med*, 2016;37(14):1144-1149. doi: 10.1055/s-0042-112591
8. Price, K.J., et al., A review of guidelines for cardiac rehabilitation exercise programmes: Is there an international consensus?. *Eur J Prev Cardiol*. 2016;23(16):1715-1733. doi: 10.1177/2047487316657669
9. Gjøvaag, TE, Gordon BA, Bird SR, Benson AC, et al. Hemodynamic Responses to Resistance Exercise in Patients with Coronary Artery Disease. *Med Sci Sports Exerc*, 2016;23(16):1715-1733. doi: 10.1177/2047487316657669
10. Reibis R, Salzwedel A, Buhlert H, Wegscheider K, et al. Impact of training methods and patient characteristics on exercise capacity in patients in cardiovascular rehabilitation. *Eur J Prev Cardiol*, 2016;23(5):452-9. doi: 10.1177/2047487315600815
11. Wise FM, Patrick JM. Resistance exercise in cardiac rehabilitation. *Clin Rehabil*. 2011;25(12):1059-65. doi: 10.1177/0269215511423408
12. Busch JC, Lillou D, Wittig G, Bartsch P, Willemsen D, et al., Resistance and balance training improves functional capacity in very old participants attending cardiac rehabilitation after coronary bypass surgery. *J Am Geriatr Soc*. 2012;60(12):2270-6. doi: 10.1111/jgs.12030
13. Laoutaris ID, Adamopoulos S, Manginas A, Panagiotakos DB, et al. Benefits of combined aerobic/resistance/inspiratory training in patients with chronic heart failure. A complete exercise model? A prospective randomised study. *Int J Cardiol*. 2013;167(5):1967-72.
14. Mandic S, Myers J, Selig SE, Levinger I, et al. Resistance versus aerobic exercise training in chronic heart failure. *Curr Heart Fail Rep*. 2012;9(1):57-64. doi: 10.1007/s11897-011-0078-0
15. Williams MA, Haskell WL, Ades PA, Amsterdam EA, Bittner V, Franklin BA, et al. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. *Circulation*. 2007;116(5):572-84. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.185214
16. British Association for Cardiac Rehabilitation. Standards and Core Components for Cardiac Rehabilitation [Internet]. 2007 [cited 2019 5 de mayo]; Available from: http://www.bcs.com/documents/BACR_Standards.pdf.
17. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(7):1334-59. doi: 10.1249/MSS.0b013e318213febf
18. Physical Activity Guidelines Advisory Committee report, 2008. To the Secretary of Health and Human Services. Part A: executive summary. *Nutr Rev*. 2009;67(2):114-20. doi: 10.1111/j.1753-4887.2008.00136.x
19. Marzolini, S, Oh PI, Brooks D. Effect of combined aerobic and resistance training versus aerobic training alone in individuals with coronary artery disease: a meta-analysis. *Eur J Prev Cardiol*, 2012;19(1):81-94. doi: 10.1177/1741826710393197
20. Berent R, von Duvillard SP, Crouse SE, Sinzinger H, et al. Resistance training dose response in combined endurance-resistance training in patients with cardiovascular disease: a randomized trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011;92(10):1527-33. doi: 10.1016/j.apmr.2011.04.021
21. Kubilius R, Jasiukevičienė L, Grižas V, Kubilienė L, et al. The impact of complex cardiac rehabilitation on manifestation of risk factors in patients with coronary heart disease. *Medicina (Kaunas)*. 2012;48(3):166-73.
22. You Fang, Z. Marwick TH. Mechanisms of exercise training in patients with heart failure. *Am Heart J*. 2003;145(5):904-11. doi: 10.1016/S0002-8703(02)94822-2
23. Clark, A, Rafferty D, Arbuthnott K. Relationship between isokinetic muscle strength and exercise capacity in chronic heart failure. *Int J Cardiol*, 1997;59(2):145-8. doi: 10.1016/s0167-5273(97)02934-3
24. García, SH, Mustelier J, González Guerra R, Rivas Estany E, et al. Introducción del entrenamiento de resistencia en el Programa de Rehabilitación Cardiovascular. *Rev Cubana Cardiol*. 2012;18(1):24-30.
25. Yamamoto, S, Hotta K, Ota E, Mori R, Matsunaga A. Effects of resistance training on muscle strength, exercise capacity, and mobility in middle-aged and elderly patients with coronary artery disease: A meta-analysis. *J Cardiol*. 2016;68(2):125-34. doi: 10.1016/j.jjcc.2015.09.005
26. Cadore, EL, Silveira Pinto R, Bottaro M, Izquierdo M. Strength and endurance training prescription in healthy and frail elderly. *Aging Dis*. 2014;5(3):183-95. doi: 10.14336/AD.2014.0500183
27. Izquierdo M, Ibañez J, Hakkinen K, Kraemer WJ, Larrión JL, et al. Once weekly combined resistance and cardiovascular training in healthy older men. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(3):435-43. doi: 10.1249/01.mss.0000117897.55226.9a
28. Wood RH, Reyes R, Welsch MA, Favaloro-Sabatier J, Sabatier M, Matthew Lee C, et al. Concurrent cardiovascular and resistance training in healthy older adults. *Med Sci Sports Exerc*, 2001;33(10):1751-8. doi: 10.1097/00005768-200110000-00021
29. Caruso, FR, Jr Bonjorno Jr JC, Arena R, Phillips SA, Cabiddu R, et al. Hemodynamic, Autonomic, Ventilatory, and Metabolic Alterations After Resistance Training in Patients With Coronary Artery Disease: A Randomized Controlled Trial. *Am J Phys Med Rehabil*, 2017;96(4):226-235. doi: 10.1097/PHM.0000000000000568
30. Morton KS, Whitehead JR, Brinkert RH, Caine DJ, et al. Resistance Training vs. Static Stretching: Effects on Flexibility and Strength. *J Strength Cond Res*. 2011;25(12):3391-8. doi: 10.1519/JSC.0b013e31821624aa
31. Guiraud T, Labrunée M, Besnier F, Sénard JM, Pillard F, et al. Whole-body strength training with Huber Motion Lab and traditional strength training in cardiac rehabilitation: A randomized controlled study. *Ann Phys Rehabil Med*. 2017;60(1):20-26. doi: 10.1016/j.rehab.2016.07.385

32. Steiner R, Meyer K, Lippuner K, Schmid JP, Saner H, Hoppeler H. Eccentric endurance training in subjects with coronary artery disease: A novel exercise paradigm in cardiac rehabilitation?. 2004;91(5-6):572-8. doi: 10.1007/s00421-003-1000-6
33. Cruz-Jentoft AJ, Pierre Baeyens J, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing*. 2010;39(4):412-23. doi: 10.1093/ageing/afq034
34. Winett, RA, Williams DM, Davy BM. Initiating and maintaining resistance training in older adults: a social cognitive theory-based approach. *Br J Sports Med*. 2009;43(2):114-119. doi: 10.1136/bjism.2008.049361
35. Braith RW, Stewart KJ, Resistance exercise training: its role in the prevention of cardiovascular disease. *Circulation*. 2006;113(22):2642-50. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.584060
36. FitzGerald SJ, Barlow CE, Kampert JB, et al. Muscular Fitness and All-Cause Mortality: Prospective Observations. *Journal of Physical Activity and Health*. 2004;1(1):7-18. doi: 10.1123/jpah.1.1.7
37. Morton SK, Whitehead JR, Brinkert RH, Caine DJ. Resistance training vs. static stretching: effects on flexibility and strength. *J Strength Cond Res*. 2011;25(12):3391-8. doi: 10.1519/JSC.0b013e31821624aa
38. Cyrino ES, et al. Comportamento da flexibilidade após 10 semanas de treinamento com pesos. *Rev Bras Med Esporte*. 2004;10(4):233-237. doi: 10.1590/S1517-86922004000400001
39. Taylor-Piliae RE, Silva E, Sheremeta SP. Tai Chi as an adjunct physical activity for adults aged 45 years and older enrolled in phase III cardiac rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Nurs*. 2012;11(1):34-43. doi: 10.1016/j.ejcnurse.2010.11.001
40. Niebauer, J, Mayr K, Harpf H, Hofmann P, Müller E, Wonisch M, Pokan R, Benzer W. Long-term effects of outpatient cardiac rehabilitation in Austria: a nationwide registry. *Wiener klin Wochenschr*. 2014;126(5-6):148-155. doi: 10.1007/s00508-014-0527-3
41. Hunter GR, McCarth JP, Bamman MM. Effects of resistance training on older adults. *Sports Med*, 2004;34(5):329-48. doi: 10.2165/00007256-200434050-00005
42. Hernández N, Álvarez G, Bravo E, Vieira JC, Reina EA, Herrera JM. Validación de la prueba de Romberg Modificada para la determinación del tiempo de propiocepción inconciente en adultos sanos. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología*. 2018;32(2):93-99.
43. Sniehotta FF, Gorski C, Araujo-Soares V. Adoption of community-based cardiac rehabilitation programs and physical activity following phase III cardiac rehabilitation in Scotland: a prospective and predictive study. *Psychol Health*. 2010 Sep;25(7):839-54. doi: 10.1080/08870440902915915
44. Martin, JE, Dubbert PM. Exercise applications and promotion in behavioral medicine: current status and future directions. *J Consult Clin Psychol*. 1982;50(6):1004-17. doi: 10.1037//0022-006x.50.6.1004
45. Pavey T, Taylor A, Hillsdon M, Fox K, Campbell J, et al. Levels and predictors of exercise referral scheme uptake and adherence: a systematic review. *J Epidemiol Community Health*. 2012;66(8):737-44. doi: 10.1136/jech-2011-200354
46. Fatouros, I, Taxildaris K, Tokmakidis SP, Kalapotharakos V, et al. The Effects of Strength Training, Cardiovascular Training and Their Combination on Flexibility of Inactive Older Adults. *Int J Sports Med*. 2002 Feb;23(2):112-9. doi: 10.1055/s-2002-20130
47. McGinty G, Irrgang JJ, Pezzullo D. Biomechanical considerations for rehabilitation of the knee. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. 2000;15(3):160-6. doi: 10.1016/s0268-0033(99)00061-3
48. Serra-Rexach JA, Bustamante-Ara N, Hierro Villarán M, González Gil P, et al. Short-term, light- to moderate-intensity exercise training improves leg muscle strength in the oldest old: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc*. 2011;59(4):594-602. doi: 10.1111/j.1532-5415.2011.03356.x
49. Thompson KR, Mikesky AE, Bahamonde RE, Burr DB, et al. Effects of physical training on proprioception in older women. *J Musculoskeletal Neuronal Interact*. 2003;3(3):223-31.
50. Cadore, EL, Rodríguez-Mañas L, Sinclair A, Izquierdo M. Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: a systematic review. *Rejuvenation Res*. 2013;16(2):105-14. doi: 10.1089/rej.2012.1397
51. Donat H, Ozcan A. Comparison of the effectiveness of two programmes on older adults at risk of falling: unsupervised home exercise and supervised group exercise. *Clin Rehabil*. 2007;21(3):273-83. doi: 10.1177/0269215506069486
52. Teixeira, LEPP, Silva KNG, Imoto AM, P Teixeira TJ, Kayo AH, et al. Progressive load training for the quadriceps muscle associated with proprioception exercises for the prevention of falls in postmenopausal women with osteoporosis: a randomized controlled trial. *Osteoporos Int*. 2010;21(4):589-96. doi: 10.1007/s00198-009-1002-2
53. Benavent-Caballer V, Rosado-Calatayud P, Segura-Ortí E, Amer-Cuenca JJ, Lisón JF. Effects of three different low-intensity exercise interventions on physical performance, muscle CSA and activities of daily living: a randomized controlled trial. *Exp Gerontol*. 2014;58:159-65. doi: 10.1016/j.exger.2014.08.004
54. Rao AK, Chou A, Bursley B, Smulofsky J, Jezequel J. Systematic Review of the Effects of Exercise on Activities of Daily Living in People With Alzheimer's Disease. *Am J Occup Ther*. 2014;68(1):50-56. doi: 10.5014/ajot.2014.009035
55. Donnelly, JE, Blair SN, Jakicic JM, Manore MM, Rankin JW, et al. American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(2):459-71. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181949333
56. Lusa Cadore E, Martins Krueh LF. Acute and Chronic Testosterone Responses to Physical Exercise and Training. In *Medicine Endocrinology and Metabolism "Sex Hormones"*. Dubey RK, Editor. 2012, In Tech. p.277-292.
57. Taaffe DR. Sarcopenia—exercise as a treatment strategy. *Aust Fam Physician*, 2006;35(3):130-4.