

## Eficacia del método JaPer para mejorar la capacidad aeróbica y la inspiratoria máxima en pacientes posquirúrgicos cardiovasculares

### Efficacy of JaPer Method for Improving Aerobic Capacity and Maximal Inspiratory Capacity in Postoperative Cardiovascular Patients

Javier Eliecer Pereira Rodríguez<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9136-7603>

Carlos Gustavo Enciso-Mattos<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0006-4027-6273>

Mónica Yulieth Contreras Peñalosa<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0008-7349-7720>

<sup>1</sup>Centro de Estudios e Investigación FISICOL. Bogotá, Colombia.

\*Autor para la correspondencia: [jepr87@hotmail.com](mailto:jepr87@hotmail.com)

#### RESUMEN

**Introducción:** El entrenamiento de los músculos inspiratorios es una estrategia efectiva en la rehabilitación cardiovascular, pero su aplicación estructurada y progresiva aún requiere validación.

**Objetivo:** Evaluar la eficacia del método JaPer, un protocolo de entrenamiento inspiratorio personalizado en pacientes posquirúrgicos cardiovasculares.

**Métodos:** Se realizó un estudio cuasi-experimental con 101 pacientes divididos en dos grupos: experimental (n = 52), que recibió el método JaPer más rehabilitación cardiovascular y control (n = 49), con solo rehabilitación cardiovascular. Ambos grupos fueron evaluados antes y después del programa mediante el *test* de caminata de 6 min, estimación del VO<sub>2</sub> y la capacidad inspiratoria máxima. Se aplicaron pruebas de normalidad, mediante la prueba de Kolmogórov-Smirnov y para la comparación entre grupos, se utilizó la prueba t de *Student* para muestras independientes. Cuando se identificó una distribución no normal, se aplicaron pruebas no paramétricas equivalentes (Wilcoxon o Mann-Whitney U) y se calculó el tamaño del efecto (Cohen's d).

**Resultados:** El grupo JaPer mostró mejoras estadísticamente significativas en VO<sub>2</sub> estimado ( $p = 0,000$ ), CIM ( $p = 0,001$ ) y distancia recorrida ( $p = 0,000$ ). El tamaño del efecto fue grande en todas las variables ( $d > 0,8$ ). El grupo control presentó mejoras moderadas, pero significativamente inferiores.

**Conclusiones:** El método JaPer demostró ser eficaz para mejorar la capacidad aeróbica y la fuerza inspiratoria en pacientes posquirúrgicos cardiovasculares. Su

aplicación progresiva e individualizada lo posiciona como una estrategia complementaria eficaz dentro de los programas de rehabilitación cardiovascular.

**Palabras clave:** rehabilitación cardiovascular; entrenamiento inspiratorio; capacidad aeróbica; cirugía cardíaca; fisioterapia.

## ABSTRACT

**Introduction:** Inspiratory muscle training is an effective strategy in cardiovascular rehabilitation; however, its structured and progressive application still requires validation.

**Objective:** To evaluate the efficacy of JaPer method, a personalized inspiratory training protocol, in patients undergoing cardiovascular surgery.

**Methods:** A quasi-experimental study was conducted involving 101 patients divided into two groups: an experimental group ( $n = 52$ ), which received JaPer method in addition to cardiovascular rehabilitation, and a control group ( $n = 49$ ), which received cardiovascular rehabilitation alone. Both groups were evaluated before and after the program using the 6-minute walk test, estimated  $VO_2$ , and maximal inspiratory capacity. Normality testing was performed using Kolmogorov-Smirnov test, and Student's t-test for independent samples was used for between-group comparisons. When a non-normal distribution was identified, equivalent non-parametric tests (Wilcoxon or Mann-Whitney U) were applied, and effect size (Cohen's d) was calculated.

**Results:** The JaPer group demonstrated statistically significant improvements in estimated  $VO_2$  ( $p = 0,000$ ), maximal inspiratory capacity ( $p = 0,001$ ), and distance walked ( $p = 0,000$ ). The effect size was large for all variables ( $d > 0.8$ ). The control group showed moderate improvements, which were significantly lower than those of the experimental group.

**Conclusions:** JaPer method proved effective in improving aerobic capacity and inspiratory strength in patients undergoing cardiovascular surgery. The progressive and individualized application makes it as an effective complementary strategy within cardiovascular rehabilitation programs.

**Keywords:** cardiovascular rehabilitation; inspiratory training; aerobic capacity; cardiac surgery; physiotherapy.

Recibido: 04/06/2025

Aceptado: 09/06/2025

## Introducción

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) continúan siendo una de las principales causas de morbilidad y mortalidad a nivel mundial. En este contexto, la rehabilitación cardíaca (RC) ha emergido como una estrategia fundamental para mejorar la capacidad funcional y la calidad de vida de los pacientes postquirúrgicos cardiovasculares.

Diversos estudios<sup>(1)</sup> han demostrado que programas de RC estructurados pueden mejorar significativamente el consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$  máx.), un indicador clave del estado funcional y pronóstico en estos pacientes.

Un estudio<sup>(2)</sup> demostró que, tanto el entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) como el entrenamiento continuo moderado mejoraron los biomarcadores cardíacos y la capacidad funcional en pacientes post-CABG. Asimismo, encontraron que el *test* de paso de dos min es una medida confiable y válida de la capacidad funcional en adultos mayores posrevascularización coronaria.<sup>(3)</sup>

Por otra parte, el inspirometro incentivo es una herramienta esencial en la fisioterapia respiratoria postoperatoria, diseñada para prevenir complicaciones pulmonares al fomentar inspiraciones profundas y sostenidas. Existen dos tipos principales: el orientado a flujo y el orientado a volumen (fig. 1).



A-D: Inspirometros incentivos orientados al volumen (suficiente evidencia y si se recomienda su uso)

E-H: Inspirometros incentivos orientados al flujo (poca evidencia y no se recomienda su uso)

A: Coach 2® - Francia; B: Spiro-ball® - España; C: Voldyne® 5000 – EE.UU.; D: Incentivo Respiratorio RSB® - Colombia; E: MedifloDuo® - Alemania; F: Mediciser® - India; G: Respirom - Brasil; H: Triflo® - EEUU.

**Fig. 1 A, B, C, D, E, F, G, H.** Diferentes tipos de inspirómetro incentivo (volumen y flujo).

El inspirometro incentivo orientado a flujo requiere que el paciente genere un flujo inspiratorio específico para elevar indicadores visuales, mientras que el orientado a

volumen se centra en alcanzar un volumen inspiratorio predeterminado, lo que promueve una inspiración más lenta y controlada.

Estudios comparativos han demostrado que el espirómetro orientado a volumen es más eficaz en la mejora de la expansión torácica y la función pulmonar. Una investigación<sup>(4)</sup> encontró que el uso del inspirometro incentivo de volumen resultó en una mayor expansión de la pared torácica y una menor actividad de los músculos respiratorios accesorios en comparación con el incentivo respiratorio orientado a flujo. Estos hallazgos sugieren que el incentivo orientado a volumen puede ser más beneficioso para pacientes posoperatorios, facilitando una recuperación respiratoria más eficiente.

Por otra parte, los programas de prehabilitación de ejercicio a corto plazo pueden mejorar la capacidad aeróbica en pacientes no aptos antes de cirugías abdominales mayores.<sup>(5)</sup> Por otro lado, la efectividad y seguridad de los entrenamientos cíclicos aeróbicos en niños después de la corrección quirúrgica de cardiopatías congénitas, ha reflejado mejoras significativas en la capacidad aeróbica.<sup>(6)</sup>

Estos hallazgos respaldan la implementación de programas de entrenamiento específicos en la rehabilitación de pacientes posquirúrgicos cardiovasculares, lo cual promueve mejoras significativas en parámetros clave de la capacidad funcional y respiratoria.

¿El método JaPer es eficaz para mejorar la capacidad aeróbica y capacidad inspiratoria máxima en pacientes postquirúrgicos cardiovasculares? Dicho lo anterior, el objetivo principal de la presente investigación es evaluar la eficacia del método JaPer en la mejora de la capacidad aeróbica, medida por el VO<sub>2</sub> estimado, metros recorridos y capacidad inspiratoria máxima en pacientes posquirúrgicos cardiovasculares.

## Métodos

Se realizó un estudio cuasi-experimental, prospectivo, de grupos paralelos, con comparación pre y posintervención, desarrollado entre enero y mayo de 2025. La investigación fue aprobada por el Comité de Ética del Centro de Estudios e Investigación FISICOL con acta MJP050225 e inscrita en el Sistema de Registro y Resultados de Protocolo ClinicalTrials.gov de la National Library of Medicine (NLM), The National Institutes of Health (NIH) y la Food and Drug Administration (FDA) con el identificador NCT04442542.

Se incluyeron pacientes adultos ( $\geq 18$  años) en fase II de rehabilitación cardiovascular, quienes habían sido sometidos recientemente a cirugía

cardiovascular (*bypass* coronario, reemplazo valvular, angioplastia o cierre de CIA). Los criterios de inclusión fueron: egreso hospitalario en las últimas 4 semanas, indicación médica para rehabilitación cardiovascular, estabilidad clínica, capacidad para participar activamente en el protocolo y firmar consentimiento informado.

Se excluyeron pacientes con arritmias inestables, hipertensión no controlada (> 190/120 mmHg), disnea de clase IV NYHA, patologías osteomusculares o deterioro cognitivo severo. Como también, participantes con cualquier contraindicación para realizar rehabilitación cardiovascular fase II.

La muestra fue dividida en dos grupos. El primero fue el grupo intervención (n = 52) quien recibió el método JaPer más intervención convencional de rehabilitación cardiovascular, y el grupo control (n = 49) fue tratado solamente con el protocolo convencional de la rehabilitación cardiovascular. La asignación se realizó de manera consecutiva según el orden de ingreso y disponibilidad del recurso humano entrenado.

Las evaluaciones se realizaron al inicio y al finalizar el protocolo (4 semanas), por personal cegado al grupo asignado. Las variables principales del estudio fueron evaluadas así:

- \_ Capacidad aeróbica: medida mediante consumo de oxígeno estimado ( $VO_2$  estimado) a partir de fórmulas estandarizadas y la distancia recorrida en la prueba de caminata de 6 min (6MWT), siguiendo la guía de la American Thoracic Society (ATS).
- \_ Capacidad inspiratoria máxima (CIM): evaluada con inspirómetro volumétrico (Voldyne® 5000), mediante dos tandas de 3 intentos cada una, identificando el valor más alto alcanzado.
- \_ Medidas antropométricas: Peso (Báscula digital inevifit), talla (*Kramer 2104 Adult Acrylic*), IMC (Formula de *quebelect*) y circunferencia abdominal (según Frisancho y puntos de corte de Buendía para el diagnóstico de obesidad central: > 91 cm en hombres y > 89 cm en mujeres).

### Descripción del método JaPer

El método JaPer es una estrategia de intervención desarrollada por el autor principal de esta investigación, cuyo nombre da origen a su denominación. Surge como respuesta a la necesidad de contar con un protocolo de entrenamiento respiratorio estructurado, progresivo e individualizado, basado en principios científicos de prescripción del ejercicio.

Esta metodología utiliza un inspirómetro incentivo orientado a volumen, que permite cuantificar con precisión la capacidad inspiratoria del paciente. El procedimiento se inicia con el paciente en posición sedente, sosteniendo el dispositivo con las manos y sellando la boquilla firmemente con los labios.

Se solicita una espiración normal hasta vaciar los pulmones, seguida de una inspiración lenta, sostenida y profunda, evitando maniobras rápidas o forzadas. El objetivo es alcanzar uno de los niveles marcados en el dispositivo ("*Best*", "*Better*" o "*Good*"), sin generar hiperventilación ni maniobras de Valsalva.

Para determinar la CIM, se realizan dos rondas de tres repeticiones cada una, con un minuto de reposo entre ambas. Se registra como referencia el promedio más alto obtenido entre los dos intentos, el cual se utilizará como base para prescribir el entrenamiento. Es importante aclarar que esta medición tiene fines prácticos de intervención y no sustituye pruebas especializadas como Pimáx, Pemáx, espirometría o pletismografía.

Una vez establecida la CIM, se procede con la intervención dosificada. El protocolo consiste en realizar:

- \_ Dos series de 10 repeticiones al 50 % de la CIM
- \_ Dos series de 10 repeticiones al 60 %
- \_ Dos series de 10 repeticiones al 80 %.

En cada repetición, el paciente debe mantener el esfuerzo inspiratorio durante tres segundos mediante una técnica de contracción-relajación sostenida. Además, al finalizar cada serie de trabajo en cada porcentaje, se exige al paciente realizar, sin pausa, cinco repeticiones adicionales al 100 % o más de su CIM. Por tanto, cada serie está compuesta por 15 repeticiones: 10 al porcentaje correspondiente y 5 al máximo esfuerzo.

Este enfoque permite una estimulación progresiva de la musculatura respiratoria, lo cual promueve adaptaciones funcionales relevantes y seguras durante la hospitalización.

## Intervención

### Grupo experimental – método JaPer

Los participantes asignados al grupo experimental realizaron un programa de rehabilitación cardiovascular convencional estructurado, que incluía cuatro componentes básicos:

- \_ Fase de calentamiento (10 min) con movilidad articular y marcha leve.

- \_ Ejercicios de fortalecimiento muscular para miembros superiores e inferiores con cargas progresivas adaptadas durante 20 a 30 min.
- \_ Entrenamiento cardiovascular aeróbico en cicloergómetro, recumbente o banda sin fin durante 30 min, según tolerancia y criterios clínicos.
- \_ Fase de enfriamiento y estiramiento global, enfocado en la recuperación respiratoria y muscular.

Posteriormente, se aplicó el método JaPer, una intervención complementaria diseñada para mejorar la capacidad inspiratoria de forma progresiva y personalizada. Esta intervención utilizó un inspirómetro incentivo orientado a volumen, que permitió prescribir el entrenamiento respiratorio en función de la capacidad inspiratoria máxima (CIM) obtenida en una evaluación inicial.

### **Grupo control – rehabilitación cardiovascular convencional**

Los participantes del grupo control recibieron un protocolo estándar de rehabilitación cardiovascular idéntico al recibido por el grupo experimental (calentamiento inicial, entrenamiento de fuerza adaptado, ejercicio cardiovascular y estiramientos finales).

En cuanto a las consideraciones éticas, el diseño como el desarrollo de la presente investigación se realizó bajo las consideraciones éticas de la Declaración de Helsinki<sup>(7)</sup> y contando con la aprobación de los directores y el Comité de Ética e Investigación del Centro de Estudios e Investigación FISICOL, bajo el número de Acta Institucional MJP050225.

Los datos fueron procesados y analizados a través del *software* IBM Statistical Package Social Science (SPSS) versión 25.0 (IBM Corp, Armonk, NY, EE. UU.). Se realizó un análisis exploratorio inicial para verificar la integridad de la base de datos, identificar valores atípicos y verificar supuestos de normalidad mediante la prueba de Kolmogórov-Smirnov.

Las variables cuantitativas se describieron como media y desviación estándar (media  $\pm$  DE), mientras que las variables categóricas se presentaron como frecuencias absolutas y porcentajes.

Para la comparación de los valores pre y posintervención dentro de cada grupo (intra grupo), se empleó la prueba t de *Student* para muestras relacionadas. Para la comparación entre grupos (inter grupo), se utilizó la prueba t de *Student* para muestras independientes. Cuando se identificó una distribución no normal, se aplicaron pruebas no paramétricas equivalentes (Wilcoxon o Mann-Whitney U).

La magnitud de la diferencia entre grupos se evaluó mediante el cálculo del cambio porcentual  $[(\text{valor pos} - \text{valor pre})/\text{valor pre} \times 100]$ , y se estimó, además el tamaño

del efecto con el coeficiente *Cohen's d*, categorizado como pequeño (0,2), moderado (0,5) o grande ( $\geq 0,8$ ).

Se consideraron estadísticamente significativos los valores de  $p < 0,05$ . Todos los análisis se realizaron con un enfoque bilateral (*two-tailed*).

## Resultados

Se incluyeron 101 pacientes posquirúrgicos cardiovasculares en programas de rehabilitación cardíaca, 52 en el grupo JaPer y 49 en el grupo control. Ambos grupos fueron homogéneos en cuanto a edad, distribución por sexo, diagnóstico clínico y prevalencia de obesidad general y abdominal.

En cuanto a la distribución por sexo, el grupo JaPer estuvo conformado por 28 mujeres y 24 hombres, mientras que el grupo control incluyó a 24 mujeres y 25 hombres. La edad media de los pacientes en el grupo JaPer fue de  $51,5 \pm 12,85$  años (rango: 28 a 76 años) y en el grupo control de  $56,9 \pm 17,88$  años (rango: 21 a 88 años).

Respecto a los procedimientos quirúrgicos realizados, en el grupo JaPer la mayoría de los pacientes fueron sometidos a revascularización miocárdica ( $n = 23$ ), seguido de reemplazo valvular ( $n = 11$ ), angioplastia ( $n = 14$ ) y cierre de comunicación interauricular (CIA) ( $n = 4$ ). En el grupo control, las frecuencias fueron: angioplastia ( $n = 19$ ), reemplazo valvular ( $n = 15$ ), revascularización miocárdica ( $n = 13$ ) y CIA ( $n = 2$ ).

La prevalencia de obesidad basada en el índice de masa corporal ( $IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$ ) fue de 32,7 % en ambos grupos (17 pacientes en JaPer y 17 en el grupo control). Según la circunferencia abdominal (CA), considerando como puntos de corte  $> 89$  cm en mujeres y  $> 91$  cm en hombres, se identificó la misma prevalencia de 32,7 % en cada grupo ( $n = 17$  por grupo), confirmando una alta carga de obesidad central en esta población.

Con respecto a la capacidad aeróbica ( $VO_2$  estimado), el grupo JaPer mostró una mejora significativa en el  $VO_2$  estimado, aumentando de  $10,13 \pm 0,77 \text{ ml/kg/min}$  a  $12,08 \pm 1,71 \text{ ml/kg/min}$ , con un incremento absoluto de  $1,95 \pm 1,61 \text{ ml/kg/min}$  (+ 19,45 %). El grupo control aumentó de  $9,59 \pm 0,78 \text{ ml/kg/min}$  a  $10,46 \pm 1,55 \text{ ml/kg/min}$ , con una ganancia media de  $0,87 \pm 1,03 \text{ ml/kg/min}$  (+ 8,81 %). La diferencia entre grupos fue estadísticamente significativa ( $p = 0,0001$ , prueba t bilateral), con un tamaño del efecto de *Cohen's d* = 0,80, considerado moderado-alto.

En la prueba de caminata, el grupo JaPer incrementó la distancia recorrida de  $398.08 \pm 45,97$  m a  $501,92 \pm 75,00$  m, con una ganancia de  $103,85 \pm 69,14$  m (+ 26,79 %). El grupo control pasó de  $365,51 \pm 46,71$  m a  $413,57 \pm 80,49$  m, mejorando  $48,06 \pm 48,99$ m (+ 12,79 %). Esta diferencia fue estadísticamente significativa ( $p < 0,00001$ , bilateral), con un tamaño del efecto Cohen's d = 0,93, clasificado como grande.

La capacidad inspiratoria máxima (CI máx.) del grupo JaPer aumentó su CI máx. de  $1758,65 \pm 773,06$  mL a  $3048,08 \pm 671,62$  mL, con una diferencia media de  $1289,42 \pm 737,67$  mL (+ 100,68 %). En el grupo control, la mejora fue de  $502,04 \pm 419,32$  mL (de  $1389,80 \pm 553,02$  mL a  $1891,84 \pm 582,59$  mL), equivalente a un + 46,10 % (tabla 1).

Tabla 1- Comparación pre, pos e inter/intra-grupo

Variable	Grupo	Pre (Media ± DE)	Pos (Media ± DE)	$p$ Intra-grupo	Cohen's d	$p$ entre grupos
CIM	Control	1389,80 ± 553,02	1891,84 ± 582,59	< 0,001	1,2	< 0,001
	JaPer	1758,65 ± 773,06	3048,08 ± 671,62	< 0,001	1,75	
VO2 estimado	Control	9,59 ± 0,78	10,46 ± 1,55	< 0,001	0,85	< 0,001
	JaPer	10,13 ± 0,77	12,08 ± 1,71	< 0,001	1,21	
Metros recorridos	Control	365,51 ± 46,71	413,57 ± 80,49	< 0,001	0,98	< 0,001
	JaPer	398,08 ± 45,97	501,92 ± 75,00	< 0,001	1,5	

CIM: Capacidad inspiratoria máxima; vo2: volumen oxígeno.

La diferencia fue altamente significativa ( $p < 0,000000004$ , bilateral) con un tamaño del efecto, Cohen's d = 1,31 clasificado como muy grande (fig. 2).

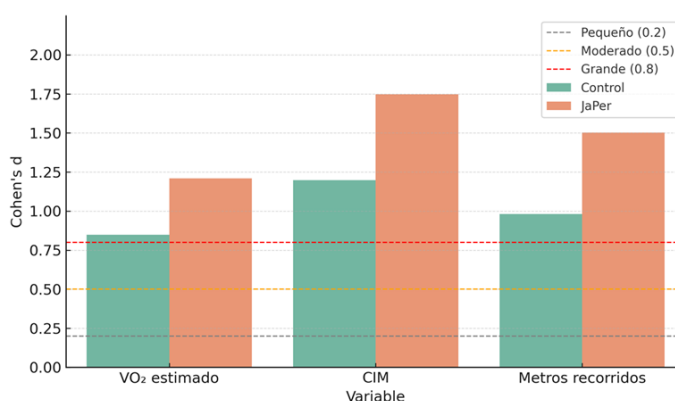


Fig. 2- Tamaño del efecto (Cohen's d) por grupo y variable.

## Discusión

La discusión de los resultados en este estudio resalta la eficacia del método JaPer en la mejora de la capacidad aeróbica, la distancia recorrida y la capacidad inspiratoria máxima en pacientes posquirúrgicos cardiovasculares. Estas mejoras son consistentes con hallazgos recientes en la literatura científica.

El entrenamiento de los músculos inspiratorios ha demostrado ser una intervención eficaz en la rehabilitación cardiovascular posquirúrgica, no solo por las mejoras observadas en la capacidad funcional, sino también por los mecanismos fisiológicos subyacentes que contribuyen a estos beneficios. El fortalecimiento de los músculos respiratorios, especialmente el diafragma, reduce la carga de trabajo durante la respiración, lo que se traduce en una menor percepción de disnea y una mayor tolerancia al ejercicio. Estudios han evidenciado que el EMI disminuye la activación relativa del diafragma durante el ejercicio, sin alterar significativamente la ventilación ni el patrón respiratorio, lo que sugiere una mejora en la eficiencia neuromuscular de la respiración.<sup>(8)</sup>

Además, el EMI puede tener efectos inmunomoduladores beneficiosos en el contexto postoperatorio. Investigaciones recientes indican que el entrenamiento inspiratorio de alta intensidad antes de la cirugía cardíaca puede atenuar la respuesta inflamatoria sistémica perioperatoria, lo que podría contribuir a una recuperación más rápida y a una reducción de las complicaciones postoperatorias. Estos hallazgos respaldan la inclusión del EMI como una estrategia complementaria en los programas de rehabilitación cardiovascular, no solo por sus efectos sobre la función respiratoria, sino también por su potencial para mejorar los resultados clínicos generales.<sup>(9,10)</sup>

Ahora bien, el incremento de la capacidad aeróbica ( $vo_2$  estimado) fue del 19,45 % en el  $VO_2$  observado en el grupo JaPer supera los resultados reportados en estudios similares. Eibel y otros,<sup>(11)</sup> demostró que el entrenamiento de los músculos ventilatorios en la rehabilitación cardíaca temprana mejoró la capacidad funcional en pacientes sometidos a cirugía de derivación coronaria. Asimismo, se ha encontrado<sup>(12)</sup> que el entrenamiento de fuerza y resistencia de los músculos inspiratorios mejora la capacidad de ejercicio en pacientes con insuficiencia cardíaca y marcapasos.

Respecto a la mejora del 26,79 % en la distancia recorrida en el grupo JaPer es significativa. Este resultado es superior al incremento de 45,8 metros reportado por Heyden-López y otros<sup>(13)</sup> en su estudio sobre el programas de rehabilitación cardiovascular fase II. Asimismo, hubo una mejora del 100,68 % en la capacidad inspiratoria máxima en el grupo JaPer. Este hallazgo coincide con los resultados de

Palau y otros,<sup>(14)</sup> quienes observaron mejoras significativas en la capacidad funcional máxima en los pacientes con la COVID-19 prolongado después de un programa de entrenamiento de los músculos inspiratorios. Además, Luo y otros<sup>(15)</sup> concluyeron que el entrenamiento de los músculos inspiratorios es una terapia física efectiva para aumentar la función de los músculos respiratorios y la capacidad de ejercicio en pacientes con hipertensión pulmonar.

Estos resultados respaldan la implementación del método JaPer como una intervención efectiva en la rehabilitación de pacientes posquirúrgicos cardiovasculares, lo que promueve mejoras significativas en los parámetros clave de la capacidad funcional y respiratoria. La integración de este método en programas de rehabilitación cardíaca podría optimizar los resultados clínicos y mejorar la calidad de vida de los pacientes.

Este estudio presenta varias limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los resultados. En primer lugar, el diseño cuasi-experimental no aleatorizado limita la capacidad para establecer relaciones causales sólidas entre la intervención (método JaPer) y los resultados observados. Aunque se contó con un grupo control, la ausencia de aleatorización puede introducir sesgos de selección y diferencias no controladas entre los grupos.

En segundo lugar, la muestra fue obtenida por conveniencia en un solo centro especializado de rehabilitación cardiovascular, lo cual restringe la generalización de los hallazgos a otras poblaciones o contextos clínicos.

Además, el estudio no incluyó un seguimiento longitudinal posterior al período de intervención, lo que impide conocer si los efectos beneficiosos observados sobre la capacidad aeróbica y la fuerza inspiratoria se mantienen a mediano o largo plazo. Tampoco se evaluaron variables subjetivas como la percepción del esfuerzo, la calidad de vida o la adherencia al tratamiento, que podrían aportar una comprensión más integral del impacto funcional del método propuesto.

Se concluye que los resultados de una intervención estructurada, progresiva e individualizada del método JaPer permitió alcanzar mejoras clínicamente relevantes en los valores estimados de  $VO_2$ , distancia recorrida en el *test* de caminata de seis min y la capacidad inspiratoria máxima de pacientes posquirúrgicos cardiovasculares.

Además, los resultados en el grupo control confirman que la rehabilitación cardiovascular convencional por sí sola es efectiva para mejorar la capacidad aeróbica ( $VO_2$ ), la CIM y la distancia recorrida, lo cual reafirma su utilidad en pacientes posquirúrgicos cardiovasculares.

Sin embargo, es importante destacar que el grupo experimental, que recibió la intervención combinada de rehabilitación cardiovascular más el método JaPer,

obtuvo mejoras significativamente superiores en todas las variables evaluadas, lo que posiciona esta estrategia integrada como una opción terapéutica más potente y clínicamente relevante.

Respaldando la incorporación del entrenamiento de los músculos inspiratorios como componente esencial en los programas de rehabilitación cardiovascular, particularmente cuando se realiza de manera controlada y adaptada a las características individuales del paciente. No obstante, a pesar de los beneficios observados con el método JaPer; su propósito es actuar como coadyuvante dentro del abordaje integral de la rehabilitación cardiovascular y pulmonar, sin reemplazar ni restar valor a las intervenciones convencionales existentes.

Finalmente, resaltamos que a pesar de las limitaciones metodológicas del presente estudio, los resultados constituyen una base sólida para futuros ensayos clínicos aleatorizados que permitan validar la efectividad del método JaPer en poblaciones más amplias y diversas. Asimismo, se recomienda explorar el impacto del protocolo sobre variables psicosociales, adherencia al tratamiento y calidad de vida, así como su sostenibilidad en el tiempo.

## Referencias bibliográficas

1. Alshamari M, Kourek C, Sanoudou D, Delis D, Dimopoulos S, Rovina N, *et al.* Does the Addition of Strength Training to a High-Intensity Interval Training Program Benefit More the Patients with Chronic Heart Failure. *Rev Cardiovasc Med.* 2023;24(1):29. DOI: <https://doi.org/10.31083/j.rcm2401029>
2. Zare S, Kashaf M, Gaeini AA, Nejatian M. Impact of high intensity interval and moderate continuous training on plasma ratios of ProBNP<sub>1-108</sub>/BNP<sub>1-32</sub> and NT-pro-BNP<sub>1-76</sub>/BNP<sub>1-32</sub> after coronary artery bypass grafting surgery. *Front Physiol.* 2023;14:1114813. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1114813>
3. Chow JJL, Fitzgerald C, Rand S. The 2 min step test: A reliable and valid measure of functional capacity in older adults post coronary revascularisation. *Physiother Res Int.* 2023;28(2):e1984. DOI: <https://doi.org/10.1002/pri.1984>
4. Paisani Dde M, Lunardi AC, da Silva CC, Porras DC, Tanaka C, Carvalho CR. Volume rather than flow incentive spirometry is effective in improving chest wall expansion and abdominal displacement using optoelectronic plethysmography. *Respir Care.* 2013;58(8):1360-6. DOI: <https://doi.org/10.4187/respcare.02037>
5. Wijma AG, Driessens H, Jeneson JAL, Janssen-Heijnen MLG, Willems TP, Klaase JM, *et al.* Cardiac and intramuscular adaptations following short-term exercise prehabilitation in unfit patients scheduled to undergo hepatic or pancreatic surgery:

- study protocol of a multinuclear MRI study. *BMJ Open Gastroenterol.* 2023;10(1):e001243. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjgast-2023-001243>
6. Savova EM, Zavarina AY, Shvedunova VN, Ermolenko ML, Barseyan FA, Yakubova LI, *et al.* Evaluation of the effectiveness and safety of aerobic cyclical trainings in children after surgical correction of congenital heart diseases and features of short-term adaptation depending on the type of pathology. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult.* 2025;102(1):19-31. Russian. DOI: <https://doi.org/10.17116/kurort202510201119>
7. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA.* 2013;310(20):1-95. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
8. Furon Y, Dang Van S, Blanchard S, Saulnier P, Baufreton C. Effects of high-intensity inspiratory muscle training on systemic inflammatory response in cardiac surgery - A randomized clinical trial. *Physiother Theory Pract.* 2024;40(4):778-88. DOI: <https://doi.org/10.1080/09593985.2022.2163212>
9. Langer D, Ciavaglia C, Faisal A, Webb KA, Neder JA, Gosselink R, *et al.* Inspiratory muscle training reduces diaphragm activation and dyspnea during exercise in COPD. *J Appl Physiol* (1985). 2018;125(2):381-92. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01078.2017>
10. Katayıfçı N, Boşnak Güçlü M, Şen F. A comparison of the effects of inspiratory muscle strength and endurance training on exercise capacity, respiratory muscle strength and endurance, and quality of life in pacemaker patients with heart failure: A randomized study. *Heart Lung.* 2022;55:49-58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2022.04.006>
11. Eibel B, Marques JR, Dipp T, Waclawovsky G, Marschner RA, Boll LC, *et al.* Ventilatory Muscle Training for Early Cardiac Rehabilitation Improved Functional Capacity and Modulated Vascular Function of Individuals Undergoing Coronary Artery Bypass Grafting: Pilot Randomized Clinical Trial. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(15):9340. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19159340>
12. Piotrowska M, Okrzymowska P, Kucharski W, Rożek-Piechura K. Application of Inspiratory Muscle Training to Improve Physical Tolerance in Older Patients with Ischemic Heart Failure. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(23):12441. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph182312441>
13. Heyden-López, F. Efecto de un programa de ejercicio aeróbico más fuerza muscular de rehabilitación cardiovascular Fase II, sobre la resistencia aeróbica y la fuerza muscular de adultos mayores con enfermedad cardiovascular. *Rev Terap.* 2025;19(1), 79-90. DOI: <https://doi.org/10.33967/rt.v19i1.228>

14. Palau P, Domínguez E, González C, Bondía E, Albiach C, Sastre C, *et al.* Effect of a home-based inspiratory muscle training programme on functional capacity in postdischarged patients with long COVID: the InsCOVID trial. *BMJ Open Respir Res.* 2022;9(1):e001439. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjresp-2022-001439>
15. Luo Z, Qian H, Zhang X, Wang Y, Wang J, Yu P. Effectiveness and safety of inspiratory muscle training in patients with pulmonary hypertension: A systematic review and meta-analysis. *Front Cardiovasc Med.* 2022;9:999422. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.999422>

### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

### Contribuciones de los autores

*Conceptualización:* Javier Eliecer Pereira Rodríguez.

*Curación de datos:* Javier Eliecer Pereira Rodríguez, Carlos Gustavo Enciso-Mattos.

*Análisis formal:* Javier Eliecer Pereira Rodríguez.

*Investigación:* Javier Eliecer Pereira Rodríguez, Carlos Gustavo Enciso-Mattos.

*Metodología:* Javier Eliecer Pereira Rodríguez, Carlos Gustavo Enciso-Mattos.

*Administración del proyecto:* Javier Eliecer Pereira Rodríguez.

*Software:* Javier Eliecer Pereira Rodríguez, Carlos Gustavo Enciso-Mattos.

*Supervisión:* Javier Eliecer Pereira Rodríguez.

*Validación:* Javier Eliecer Pereira Rodríguez.

*Visualización:* Javier Eliecer Pereira Rodríguez.

*Redacción del borrador original:* Javier Eliecer Pereira Rodríguez.

*Redacción, revisión y edición:* Javier Eliecer Pereira Rodríguez, Carlos Gustavo Enciso-Mattos, Mónica Yulieth Contreras Peñalosa.

### Financiación

La presente investigación “Eficacia del método JaPer para mejorar la capacidad aeróbica y la inspiratoria máxima en pacientes posquirúrgicos cardiovasculares” fue liderada y financiada por el Centro de Estudios e Investigación FISICOL.