

Impacto del ejercicio físico supervisado sobre factores de riesgo cardiovascular en pacientes pos-COVID-19

JULIANA PÁEZ MARRERO¹, LINA VALENCIA², YENNY PAOLA ARGÜELLO³, ADRIANA YOLANDA CAMPOS RODRÍGUEZ⁴, DARÍO MENDOZA ROMERO⁵, ISABEL ADRIANA SÁNCHEZ ROJAS⁶

Recibido para publicación: 17-04-2025. Versión corregida: 20-06-2025. Aprobado para publicación: 12-08-2025.

Modelo de citación:

Páez Marrero J., Valencia L., Argüello Y.P., Campos Rodríguez A.Y., Mendoza Romero D., Sánchez Rojas I.A. Impacto del ejercicio físico supervisado sobre factores de riesgo cardiovascular en pacientes pos-COVID-19. Arch Med (Manizales). 2025;25(2). <https://doi.org/10.30554/archmed.25.2.5384.2025>

Resumen

Introducción: los efectos cardioprotectores asociados con niveles más altos de aptitud cardiorrespiratoria están bien establecidos; en los últimos 30 años la investigación ha demostrado los beneficios asociados con una adecuada aptitud cardiorrespiratoria sobre la reducción del riesgo de padecer enfermedades no transmisibles tales como: enfermedades cardiovasculares (ECV), diabetes y varias formas de cáncer. **Objetivo:** el objetivo principal de esta investigación fue determinar los efectos del ejercicio físico supervisado sobre los factores de riesgo cardiovascular en pacientes con diagnóstico pos-COVID-19. **Metodología:** el enfoque utilizado fue un diseño de estudio pre-pos test, el cual vinculó hombres y mujeres con una edad promedio de 30.1 ± 14.6 años; se evaluaron aspectos relacionados con la condición física, antropométrica y hemodinámica básica. La selección de la muestra contempló el método no probabilístico por conveniencia, que haya tenido COVID-19. **Resultados:** con respecto a las mejoras, las más significativas fueron: $VO_{2\text{máx}}$ ($p = 0.000$), IMC pre y pos ($p = 0.000$), y frecuencia respiratoria ($p = 0.001$). **Conclusiones:** los resultados revelan cambios significativos en aspectos relacionados con factores de riesgo cardiovascular para esta población,

- 1 Docente del Programa de Entrenamiento Deportivo de la Universidad del Areandina Bogotá, Colombia. Magíster en Actividad Física de la Universidad Santo Tomás. Correo: jpaez55@areandina.edu.co. ORCID: 0009-0005-1760-9116.
- 2 Docente del Programa de Entrenamiento Deportivo de la Universidad del Areandina Bogotá, Colombia. Correo: linavalencia2507@gmail.com. ORCID: 0009-0007-1912-5830.
- 3 Docente de la Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia. Correo: yenniarguello@usta.edu.co. ORCID: 0000-0001-8335-4936.
- 4 Docente de la Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia. Correo: dec.culturafisica@usta.edu.co. ORCID: 0000-0002-0368-4466.
- 5 Docente de la Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia. Correo: dariomendoza@usta.edu.co. ORCID: 0000-0002-8973-1541.
- 6 Docente de la Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia. Correo: isabel.sanchez@usta.edu.co. ORCID: 0000-0002-5545-0127.

confirmando la necesidad de sostener niveles de actividad física previamente planificados y direccionados a este grupo poblacional.

Palabras clave: *ejercicio físico; COVID-19; riesgo cardiovascular; actividad física; aptitud cardiorrespiratoria.*

Impact of supervised physical exercise on cardiovascular risk factors in pos-COVID-19 patients

Abstract

Introduction: *The cardioprotective effects associated with higher levels of cardiorespiratory fitness are well established; over the past 30 years, research has demonstrated the benefits associated with adequate cardiorespiratory fitness in reducing the risk of noncommunicable diseases such as cardiovascular disease (CVD), diabetes, and various forms of cancer. Objective:* *The main objective of this research was to determine the effects of supervised physical exercise on cardiovascular risk factors in patients diagnosed post-COVID-19. Methodology:* *The approach used was a pre-post-test study design, which related men and women with a mean age of 30,1±14,6 years; aspects related to physical, anthropometric and basic hemodynamic condition were evaluated. The size selection included the non-probabilistic convenience method, which had Covid19. Results:* *Regarding the improvements, the most significant were: VO2max (p = 0,000), pre- and post-BMI (p = 0,000) and respiratory rate (p = 0,001). Conclusions:* *The results reveal significant changes in aspects related to cardiovascular risk factors for this population, confirming the need to maintain the levels of physical activity previously planned and directed to this population group.*

Keywords: *Physical exercise; COVID-19; cardiovascular risk; physical activity; cardiorespiratory fitness.*

Impacto do exercício físico supervisionado nos fatores de risco cardiovascular em pacientes pós-COVID-19

Resumo

Introdução: *Os efeitos cardioprotetores associados a níveis mais elevados de aptidão cardiorrespiratória estão bem estabelecidos; nos últimos 30 anos, pesquisas têm demonstrado os benefícios associados à aptidão cardiorrespiratória adequada na redução do risco de doenças não transmissíveis, como doenças cardiovasculares (DCV), diabetes e várias formas de câncer. Objetivo:* *O principal objetivo desta pesquisa foi determinar os efeitos do exercício físico supervisionado sobre os fatores de risco cardiovascular em pacientes com diagnóstico pós-COVID-19. Metodologia:* *A abordagem utilizada foi um desenho de estudo pré-pós-teste, que relacionou homens e mulheres com idade média de 30,1±14,6 anos; foram avaliados aspectos relaciona-*

dos à condição física, antropométrica e hemodinâmica básica. O tamanho da amostra incluiu o método não probabilístico por conveniência, que teve Covid19. Resultados: Em relação às melhorias, as mais significativas foram: VO2máx ($p=0,000$), pré e pós-IMC ($p=0,000$) e frequência respiratória ($p=0,001$). Conclusões: Os resultados revelam mudanças significativas nos aspectos relacionados aos fatores de risco cardiovascular para essa população, confirmando a necessidade de manter os níveis de atividade física previamente planejados e direcionados a esse grupo populacional.

Palavras-chave: exercício físico; COVID-19; risco cardiovascular; atividade física; aptidão cardiorrespiratória.

Introducción

La aptitud cardiorrespiratoria está asociada a la reducción de las ECV, la diabetes tipo 2 y algunos tipos de cáncer; principalmente en poblaciones con enfermedades crónicas pre-existentes [1,2]. La pandemia de COVID-19 impactó negativamente los hábitos de vida, con una disminución generalizada de la actividad física y un aumento del comportamiento sedentario, lo que afectó la aptitud cardiorrespiratoria y aumentó el riesgo cardiovascular [3,4]. La inactividad física, combinada con la falta de acceso a programas de ejercicio, intensificó los factores de riesgo como la obesidad y la hipertensión, contribuyendo al aumento de las ECV [5].

La interrupción del ejercicio provoca una rápida pérdida de adaptaciones metabólicas, aumentando la inflamación sistémica, la resistencia a la insulina y la disfunción endotelial, lo que afecta la recuperación y contribuye a una mayor presión arterial [6]. Los adultos mayores fueron los más afectados por las complicaciones severas del COVID-19 debido a las comorbilidades y cambios fisiológicos relacionados con el envejecimiento [7,8]. La inactividad física empeora estos efectos, especialmente en personas mayores de 50 años [7].

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que los adultos de 18 a 64 años realicen al menos 150 m de actividad aeróbica moderada o 75 m de actividad vigorosa a la semana, junto con actividades de fortaleci-

miento muscular dos o más días a la semana [10]. En pacientes pos-COVID-19, el ejercicio supervisado mejora la capacidad funcional, reduce la fatiga y los síntomas del síndrome pos-COVID-19, además de beneficiar la salud cardiovascular y reducir los riesgos cardiovasculares en un 17 % [11,12]. Estos beneficios son cruciales para los adultos mayores, por lo que es fundamental implementar programas de ejercicio adaptados y fomentar la actividad física diaria.

Este estudio tiene como objetivo determinar los efectos del ejercicio físico supervisado sobre los factores de riesgo cardiovascular en pacientes con diagnóstico pos-COVID-19, resaltando la importancia del ejercicio supervisado para mejorar la calidad de vida y reducir la morbilidad asociada a esta población vulnerable.

Método

Diseño del estudio

Este trabajo corresponde a un diseño de estudio pre-pos test, en el cual los participantes fueron evaluados en dos momentos: previo al inicio de la intervención y al término de un programa de ejercicio físico de tres meses de duración. La intervención se llevó a cabo tres veces por semana, con un total de 36 sesiones. No se realizó aleatorización de los participantes ni se contó con un grupo control, por lo que los resultados reflejan exclusivamente los cambios observados en la cohorte estudiada.

Participantes

La población estudiada estuvo compuesta por individuos mayores de edad seleccionados mediante un muestreo no probabilístico a conveniencia; se contó con un total de 14 hombres con una edad promedio de 28.2 años y 15 mujeres con edad promedio de 35.4 años. Como criterios de inclusión, los participantes debían haber tenido un diagnóstico confirmado de COVID-19 mediante prueba PCR o de antígenos, no presentar restricciones médicas significativas que impidieran la práctica de ejercicio físico supervisado, y haber firmado un consentimiento informado detallando su participación voluntaria en el estudio. En cuanto al tamaño de la muestra, la misma se determinó mediante el método no probabilístico a conveniencia. No se realizó aleatorización de los participantes ni se contó con un grupo control, por lo que los resultados reflejan exclusivamente los cambios observados en la cohorte estudiada. De ahí que no haya un método para la generación de la secuencia aleatoria ni un mecanismo de ocultamiento de la asignación. Considerando que el presente estudio no tuvo un grupo comparador y que el ejercicio físico es difícil de cegar, este estudio no contó con el cegamiento de la población ni de los sujetos intervencionistas. Así mismo, los investigadores encargados de realizar las evaluaciones tampoco estuvieron cegados.

Procedimiento

El programa de intervención consistió en una rutina individualizada de ejercicio físico aplicada a domicilio por un profesional capacitado. El protocolo tuvo una duración de tres meses, con una frecuencia de tres sesiones semanales, acumulando un total de 36 sesiones. El método de entrenamiento elegido fue continuo, variado y la intensidad osciló entre 65-70 % de la frecuencia cardíaca máxima y una percepción subjetiva del esfuerzo de 6-7 en la escala de Borg. Se realizó monitoreo de signos vitales antes y después de cada sesión para garantizar la seguridad de los participantes y evaluar la respuesta al ejercicio (ver Figura 1).

Medidas de resultado

Variables hemodinámicas

Se midieron la frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno, frecuencia cardíaca, presión arterial (sistólica y diastólica) y niveles de glucosa en sangre (glucometría). Los procedimientos para cada variable se detallan a continuación:

- Frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno: se utilizó un pulsioxímetro AGPTEK® FS10C-EU colocado en el dedo índice de la mano derecha, sin esmalte, con el paciente en reposo absoluto.
- Presión arterial: se siguieron las recomendaciones estándar para la medición. Los participantes permanecieron sentados durante 5 min en reposo, con el brazo apoyado a la altura del corazón y los pies planos en el suelo. Se utilizó un tensiómetro calibrado y se garantizaron las condiciones óptimas (sin consumo de cafeína, vejiga vacía, y sin ejercicio previo).
- Glucometría: se empleó un glucómetro AGPTEK®. La medición se realizó mediante punción en el dedo medio, con una muestra de sangre depositada en una cinta reactiva. Los participantes estuvieron en ayunas por al menos 8 h antes del procedimiento.
- Frecuencia respiratoria: se registró el número de respiraciones por minuto con el participante sentado y relajado.

Pruebas funcionales y de condición física

- Test de resistencia cardiovascular (caminata de 6 min): se evaluó la distancia máxima recorrida por los participantes en 6 min, caminando a la mayor velocidad posible. Esta prueba mide la capacidad del sistema respiratorio, cardiovascular y musculoesquelético durante el ejercicio [13].
- Test de fuerza-resistencia (sentadillas): se contabilizó el número máximo de sentadillas realizadas en un min para evaluar la resistencia muscular del tren inferior [14].

- Test de fuerza-resistencia (flexiones de codo): los participantes realizaron el máximo número de flexiones de codo posibles en un min para valorar la fuerza-resistencia del tren superior.
- Test de fuerza-resistencia (abdominales): se evaluó la resistencia de los músculos abdominales contabilizando el mayor número de repeticiones realizadas en un min.
- Test de equilibrio (One Leg Balance Test): consistió en mantener el equilibrio sobre un pie, con los ojos cerrados y la rodilla contralateral flexionada, registrando el tiempo máximo sostenido en segundos [15].
- Test de flexibilidad (Sit and Reach): se midió la flexibilidad de la zona lumbar y la cadena posterior. Los participantes, con las rodillas extendidas, intentaron alcanzar el punto más lejano en una cinta métrica, manteniendo la posición durante 2 s.

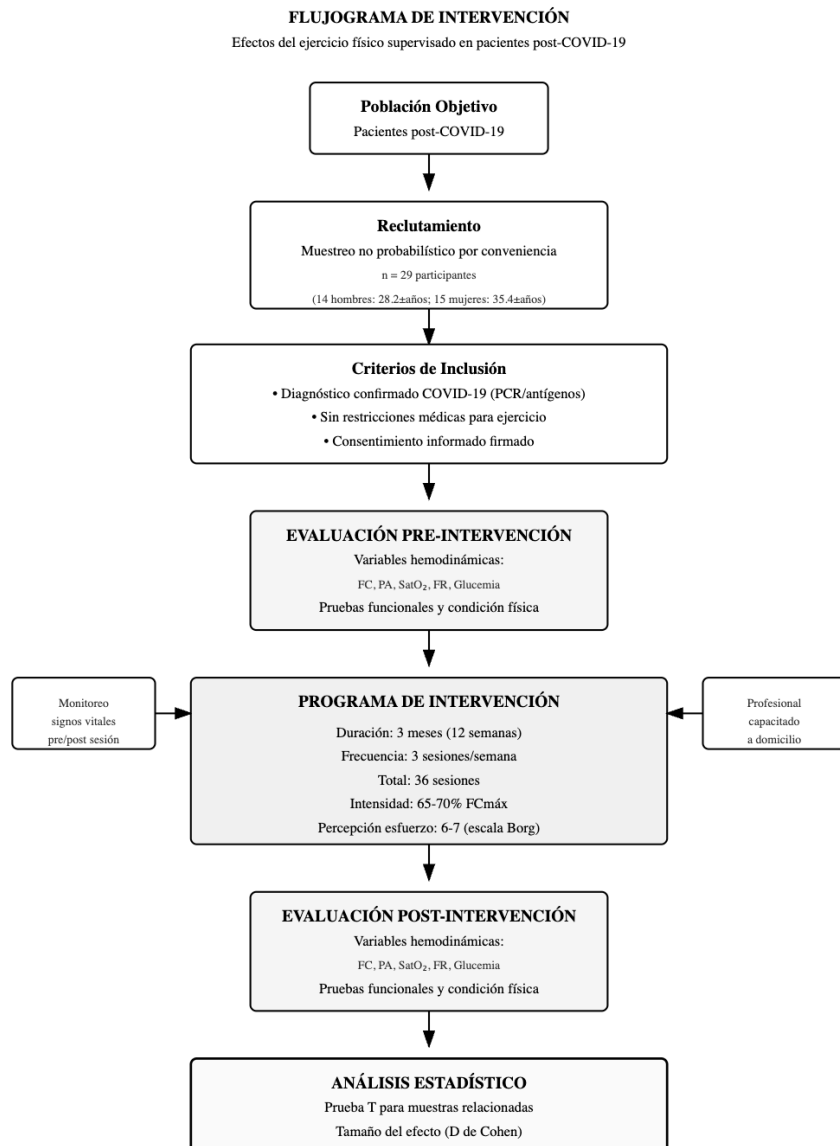


Figura 1. Diagrama de flujo intervención.

Análisis estadístico

Los datos son presentados como medias y desviaciones estándar para cada variable. Se realizó prueba de normalidad de Shapiro Wilk, encontrando que los datos mostraron distribución normal ($p > 0.05$). Posteriormente, se comparan los resultados preintervención y posintervención empleando prueba t para muestras relacionadas, reportando aquellos aspectos vinculados con factores de riesgo cardiovascular que resultaron significativos ($p \leq 0.05$); lo anterior, fue analizado empleando el paquete estadístico IBM SPSS @versión 28 (Licencia Universidad Santo Tomás, Bogotá). Finalmente, se establece el tamaño del efecto empleando el software GPower 3.1®, aplicando prueba d de Cohen con el fin de establecer el impacto obtenido tras las intervenciones con ejercicio físico.

Para estimar el tamaño de muestra necesario se utilizó el software G*Power 3.1.9.7 (Heinrich-Heine Universität Düsseldorf, Alemania), configurado para una prueba t de Student para muestras relacionadas (pre-pos), con una distribución bilateral. Se asumió un tamaño del efecto moderado ($d_z = 0.50$), basándose en hallazgos previos sobre intervenciones con ejercicio físico supervisado en variables fisiológicas como $VO_{2\text{máx}}$, frecuencia cardíaca y glucemia. Se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ y una potencia estadística de $1-\beta = 0.80$, lo que arrojó un tamaño de muestra estimado de 34 participantes.

No obstante, el estudio logró la participación de 29 individuos, ligeramente por debajo del umbral calculado. Esta diferencia implica una leve reducción de la potencia estadística, lo cual podría limitar la detección de efectos pequeños. A pesar de ello, el tamaño obtenido resulta aceptable para explorar efectos de magnitud

moderada o grande, considerando además la consistencia de los efectos observados.

Los datos fueron analizados en el software IBM SPSS Statistics® v28, bajo licencia institucional. En primer lugar, se aplicó la prueba de Shapiro–Wilk para verificar la normalidad de las diferencias pre y pos intervención. Dado que las variables mostraron distribución normal ($p > 0.05$), se utilizó la prueba t para muestras relacionadas. Se calcularon además los tamaños del efecto mediante el índice de Cohen's d, interpretado según los criterios establecidos (pequeño ≥ 0.2 ; moderado ≥ 0.5 ; grande ≥ 0.8).

Adicionalmente, se incorporó un análisis de componentes principales (ACP) como herramienta exploratoria multivariada, lo que permitió identificar agrupamientos y tendencias entre variables fisiológicas pre y pos intervención, fortaleciendo la interpretación global de los efectos observados. En todos los análisis se consideraron significativos los valores de $p \leq 0.05$.

Resultados

La Tabla 1 presenta un análisis de las características demográficas y antropométricas de un grupo compuesto por 14 hombres y 15 mujeres con un promedio combinado de edad de 32 años. El promedio del estrato socioeconómico es 3, sugiriendo que los participantes provienen mayoritariamente de un nivel socioeconómico medio. En cuanto a las características antropométricas, el peso promedio del grupo es de 70.3 kg, con una talla promedio de 1.66 m, lo que resulta en un índice de masa corporal (IMC) promedio de 25.32 %. Este último valor ubica a los participantes en el rango de sobrepeso según los parámetros de la OMS, lo que podría estar asociado a factores de hábitos alimenticios, nivel de actividad física o características poblacionales específicas.

Tabla 1. Totales

Hombres	Promedio edad hombres (años)	Mujeres	Promedio edad mujeres (años)	Promedio H/M (años)	Promedio estrato socio-económico	Promedio peso corporal (kg)	Promedio talla (cm)	Promedio IMC
14	28.2	15	35.4	32	3	70.3	1.66	25.32

Nota: DE: desviación estándar; FR: frecuencia respiratoria; SpO2: saturación de oxígeno; FC: frecuencia cardíaca; TAS: tensión arterial sistólica; TAD: tensión arterial diastólica; Gluc.: glucometría.

En relación con las variables vinculadas con el riesgo cardiovascular (Tabla 2), al comparar las mediciones pre y pos intervención se identificaron los siguientes hallazgos: en términos de frecuencia respiratoria, mostró una disminución leve de 16 a 15.87 respiraciones por minuto. Aunque esta diferencia es pequeña presenta un tamaño de efecto moderado de 0.37, sugiriendo un posible cambio clínicamente relevante. Sin embargo, el valor de significancia ($p = 0.161$) indica que esta variación no es estadísticamente significativa.

Por otro lado, la saturación de oxígeno presentó un aumento promedio de 94 % a 95.34 % con un tamaño de efecto moderado (0.607) y un valor de p estadísticamente significativo ($p = 0.024$). Este hallazgo destaca un impacto positivo de la intervención, lo cual es un hallazgo clínicamente relevante. En cuanto a la frecuencia cardíaca, se evidenció una dis-

minución leve de 68 a 66 latidos por minuto. Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa ($p = 0.75$) ni clínicamente relevante, como lo refleja el tamaño de efecto bajo (0.134). Respecto a las variables relacionadas con la presión arterial, los cambios de tensión arterial sistólica (TAS) y diastólica (TAD) fueron mínimos y no estadísticamente significativos ($p = 0.14$) y ($p = 0.79$), respectivamente. No obstante, el tamaño de efecto negativo para la TAS (-0.393) podría indicar una tendencia a la disminución.

Finalmente, los niveles de glucosa (Gluc.) experimentaron una disminución de 107.41 mg/dL en la medición pre, a 96.37 mg/dL en la medición posterior. Este cambio fue estadísticamente significativo ($p = 0.03$) y presentó un tamaño de efecto moderado (-0.58) lo que sugiere un impacto favorable de la intervención en el control glucémico.

Tabla 2. Riesgo cardiovascular

Variables	Prueba	Media	DE	p-valor	Tamaño efecto
FR (rpm)	Pre	15.86	2.70	0.161	0.373
	Pos	16.96	3.19		
SpO2 (%)	Pre	94.41	1.65	0.024*	0.607
	Pos	95.34	1.39		
FC(lpm)	Pre	66.96	8.44	0.0613	0.134
	Pos	68	6.98		
TAS (mmHg)	Pre	123.69	12.84	0.141	-0.393
	Pos	119.31	9.13		
TAD (mmHg)	Pre	78.27	9.56	0.796	-0.068
	Pos	77.72	6.21		
Gluc. (mg/dL)	Pre	107.41	26.03	0.033*	-0.585
	Pos	96.37	5.76		

Nota: DE: desviación estándar; FR: frecuencia respiratoria; SpO2: saturación de oxígeno; FC: frecuencia cardíaca; TAS: tensión arterial sistólica; TAD: tensión arterial diastólica; Gluc.: glucometría.

En relación con los datos antropométricos (Tabla 3) los resultados reflejan cambios mínimos entre las mediciones pre y pos intervención. En términos de peso corporal, se observó una ligera disminución promedio de 69.56 kg a 68.435 kg. Sin embargo, esta diferencia no alcanzó significancia estadística ($p = 0.712$) y el tamaño de efecto negativo (-0.097) sugiere una variación de baja relevancia clínica.

En cuanto al IMC se identificó una disminución leve de 25.153 a 24.34 kg/m², aunque esta variación no fue estadísticamente significativa ($p = 0.635$) ni clínicamente relevante, como lo indica el tamaño de efecto negativo (-0.125). Respecto al perímetro del pecho sin expansión, se mantuvo estable con valores promedio de 98.366 cm y 98.431 cm en las mediciones pre y pos, respectivamente, sin diferencias significativas ($p = 0.979$) ni evidencia de impacto clínico, tamaño de efecto (0.007). El perímetro torácico con expansión presentó una ligera disminución promedio de 101.65 cm a 101.331 cm, aunque tampoco alcanzó significancia estadística ($p = 0.902$) con un tamaño de efecto bajo (-0.033).

Por otro lado, el perímetro de cintura disminuyó de 82.74 cm a 82.021 cm, pero esta dife-

rencia no fue estadísticamente significativa ($p = 0.801$) y el tamaño de efecto negativo (-0.067) sugiere una relevancia clínica mínima. De manera similar, el perímetro de cadera mostró una reducción promedio de 97.85 cm a 96.72 cm, sin significancia estadística ($p = 0.681$) ni impacto relevante, tamaño de efecto: -0.108.

Finalmente, el índice cintura-cadera permaneció sin cambios entre las mediciones pre y pos, con un valor promedio de 0.847 y 0.849, respectivamente, lo que también carece de significancia estadística ($p = 0.942$) y de relevancia clínica, tamaño de efecto (0.002).

En cuanto a los resultados obtenidos en las mediciones pre y pos intervención en los parámetros relacionados con la condición física ver Tabla 4. En cuanto a la frecuencia cardíaca, se observó una disminución en la frecuencia cardíaca inicial (FC in) pos y a los 2 min (FC 2 min), destacando esta última con un tamaño de efecto moderado 0.364, lo que sugiere una mejora en la capacidad de recuperación tras el esfuerzo. Así mismo, la distancia recorrida aumentó de 571 a 618.345 m en promedio, con un tamaño de efecto moderado 0.389, lo que indica un incremento en la resistencia aeróbi-

Tabla 3. Antropometría

Variables	Prueba	Media	DE	p-valor	Tamaño efecto
Peso (kg)	Pre	69.56	11.89	0.71	-0.097
	Pos	68.44	11.20		
Talla (cm)	Pre	1.66	0.10		
IMC (cm)	Pre	25.15	3.59	0.64	-0.125
	Pos	24.73	3.18		
Perímetro pecho sin expansión (cm)	Pre	98.37	9.13	0.98	0.007
	Pos	98.43	9.32		
Perímetro pecho con expansión (cm)	Pre	101.66	9.15	0.90	-0.033
	Pos	101.33	10.73		
Perímetro cintura (cm)	Pre	82.74	10.94	0.80	-0.067
	Pos	82.02	10.72		
Perímetro cadera (cm)	Pre	97.86	11.10	0.68	-0.108
	Pos	96.72	9.73		
ICC*	Pre	0.85	0.09	0.94	0.02
	Pos	0.85	0.09		

Nota: *ICC: índice relación cintura-cadera. Se presentan los datos por medio del análisis antropométrico.

ca. Además, el consumo máximo de oxígeno (VO₂max) presentó una ligera mejora con un aumento promedio de 35.41 ml/kg/min a 36.964 ml/kg/min, acompañado de un tamaño de efecto moderado (0.315) aunque sin alcanzar significancia estadística.

Por otro lado, los ejercicios de fuerza y equilibrio también evidenciaron progresos. Las sentadillas por minutos aumentaron de 40 a 43 repeticiones, mientras que las flexiones de brazo (arm curl) subieron de 27.172 a 31.241 repeticiones por minuto, ambos con tamaños de efecto moderado (0.309 y 0.312, respectivamente). El tiempo de equilibrio sobre una pierna mejoró significativamente, pasando de 31.192 a 35.1 s, con un tamaño de efecto de 0.409, lo que refleja una mejora destacable en el equilibrio. En cuanto a la flexibilidad y la fuerza abdominal, se registraron incrementos leves en los ejercicios de abdominales por

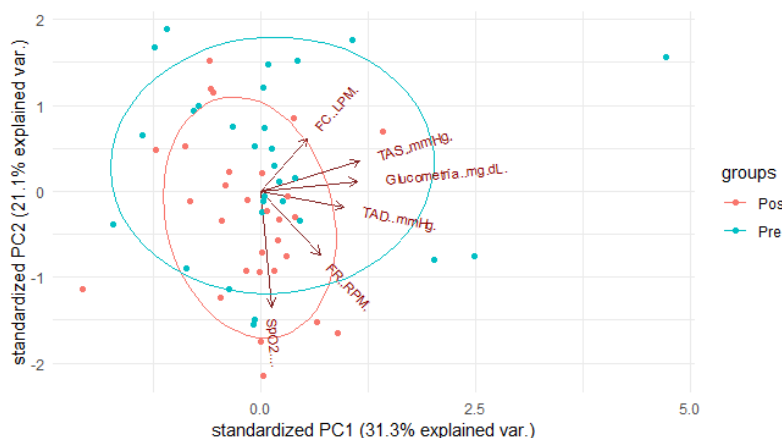
minuto de 28.103 a 28.59 repeticiones y en la prueba de flexibilidad lumbar (sit and reach), que pasó de 2 cm a 3 cm, con un tamaño de efecto moderado 0.303.

En la Figura 1 se presenta un análisis de componentes principales (PCA, Principal Component Analysis, por sus siglas en inglés) que explica el 52.4 % de la variabilidad total, mostrando una clara separación entre los grupos pre y pos, lo que sugiere cambios significativos tras la intervención. Las variables como la presión arterial diastólica, la glucosa y la frecuencia cardíaca están relacionadas principalmente con el primer componente (31.3 %), mientras que otras influyen en el segundo (21.1 %). Además, las relaciones entre vectores reflejan correlaciones específicas entre variables. Estos resultados respaldan la hipótesis de que las mediciones reflejan cambios fisiológicos relevantes asociados a la intervención.

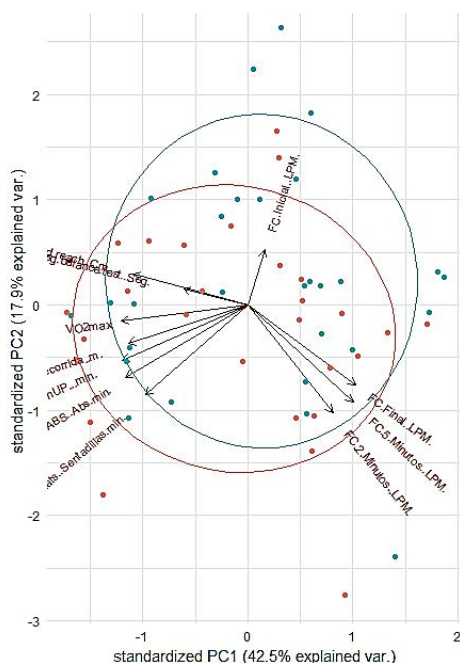
Tabla 4. Condición física

Variables	Prueba	Media	DE	p-valor	Tamaño efecto
FC In (lpm)	Pre	69.103	10.712	0.769	-0.077
	Pos	68.172	13.194		
FC Fin (lpm)	Pre	120.241	24.226	0.607	0.136
	Pos	123.552	24.554		
FC 2 min (lpm)	Pre	95.931	27.209	0.172	0.364
	Pos	105.034	22.666		
FC 5 min (lpm)	Pre	96.655	22.771	0.554	0.156
	Pos	100.276	23.587		
Test marcha 6 min (m)	Pre	571	118.133	0.144	0.389
	Pos	618.345	124.932		
VO ₂ max (ml*kg*min)	Pre	35.522	4.725	0.236	0.315
	Pos	36.964	4.441		
Squats (rep/min)	Pre	40.414	12.574	0.245	0.309
	Pos	44.069	11.065		
Arm curl (rep/min)	Pre	27.172	13.401	0.239	0.312
	Pos	31.241	12.642		
One leg balance test (s)	Pre	31.192	12.97	0.125	0.409
	Pos	36.679	13.823		
ABS (rep/min)	Pre	28.103	12.695	0.22	0.326
	Pos	32.138	12.059		
Sit and reach (cm)	Pre	0.424	7.351	0.253	0.303
	Pos	2.531	6.511		

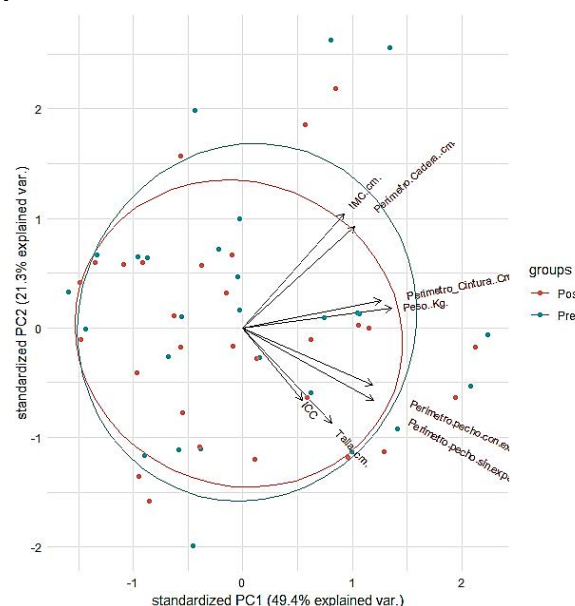
Nota: FC: frecuencia cardíaca; VO₂max: consumo máximo de oxígeno; ABS: abdominales.



Panel A



Panel B



Panel C

Figura 2. Agrupamiento de las variables.

Discusión

El presente estudio tuvo como objetivo determinar el impacto del ejercicio físico supervisado sobre los factores de riesgo cardiovascular en pacientes pos-COVID-19. Los resultados obtenidos evidenciaron mejoras significativas en los niveles de VO2máx ($p = 0.000$). El IMC pre y pos ($p = 0.000$) y la frecuencia respiratoria ($p = 0.001$). Estos hallazgos son consistentes con lo señalado por Brawner et al. [22], quienes indi-

caron que el entrenamiento de resistencia optimiza la aptitud cardiorrespiratoria conllevando a una correlación negativa con la probabilidad de hospitalización por COVID-19. Asimismo, Lazzeri et al. [23], destacaron que la probabilidad de hospitalización es mayor en hombres que en mujeres con niveles similares de aptitud cardiorrespiratoria, lo que sugiere que las diferencias en el género pueden influir en el pronóstico de los pacientes pos-COVID-19. Este aspecto resalta la importancia de mejorar la aptitud

cardiorrespiratoria mediante el ejercicio físico regular para prevenir complicaciones y mejorar el estado general de salud.

El entrenamiento bajo el modo aeróbico tuvo un impacto positivo sobre la eficiencia de los músculos respiratorios evaluados mediante la medición del perímetro torácico; esto ha sido reconocido como una intervención eficaz para reducir complicaciones pulmonares. Estudios previos han demostrado que este tipo de intervención ayuda a inhibir la inflamación, como se evidenció durante la epidemia de gripe de Hong Kong, donde los pacientes que realizaban ejercicios de intensidad baja o moderada regularmente mostraron un riesgo de mortalidad significativamente menor en comparación con quienes no practicaban ejercicio [24]. Asimismo, investigaciones murinas reportaron que el ejercicio físico moderado tiene un efecto protector al potenciar la función antiviral de los linfocitos y reducir la susceptibilidad a infecciones respiratorias [25]. En este sentido, la reducción observada en la frecuencia respiratoria de los participantes ($p = 0.001$) se asocia con la adecuada programación de las variables centrales del ejercicio físico.

Por otro lado, la reducción significativa del IMC ($p = 0.000$) observada en los participantes es coherente con lo reportado en estudios iniciales de la pandemia. Datos preliminares obtenidos en Wuhan indicaron que un IMC elevado ($\geq 28 \text{ kg/m}^2$) estaba asociado con un mayor riesgo de neumonía grave y complicaciones críticas en pacientes con COVID-19 [26]. Esto destaca el papel clave del control del peso mediante programas de ejercicio físico en la mejora del pronóstico de los pacientes pos-COVID-19.

En cuanto a los niveles de glucosa, aunque no se observaron cambios significativos en este estudio, es importante resaltar que la hiperglucemia ha sido identificada como un factor que facilita la replicación viral del SARS-CoV-2 y promueve la inflamación excesiva a través de la tormenta de citocinas [27,28]. Por ello, la in-

tegración de estrategias de control metabólico podría complementar el impacto positivo del ejercicio físico supervisado.

En términos de condición física, aunque las mejoras en pruebas como sentadillas ($p = 0.245$), flexiones de brazos ($p = 0.239$) y la caminata de 6 min ($p = 0.144$) no alcanzaron significancia estadística. Se evidenció una tendencia positiva en la capacidad funcional de los participantes. Esto coincide con estudios previos que subrayan el papel del ejercicio físico en la recuperación pos-COVID-19, destacando su contribución para mitigar el deterioro físico y metabólico asociado a la enfermedad [29,30].

Respecto a las variables hemodinámicas, los resultados no evidenciaron cambios significativos en la presión arterial ni en la saturación de oxígeno, aunque estas se mantuvieron dentro de rangos normales. Esto sugiere que la intervención fue segura y no generó efectos adversos en los pacientes, lo que refuerza su aplicabilidad en este contexto clínico [31].

En conjunto, los resultados obtenidos en este estudio destacan el impacto positivo del ejercicio físico supervisado sobre varios indicadores de salud en pacientes pos-COVID-19. No obstante, para fortalecer la validez de estos hallazgos sería fundamental realizar estudios con muestras más amplias y diseñar análisis que permitan comprender el comportamiento de los resultados de las variables entre personas que realizan ejercicio sin supervisión en comparación con los usuarios supervisados por un profesional en el área.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio revelan cambios significativos en aspectos relacionados con factores de riesgo cardiovascular para esta población, confirmando la necesidad de sostener niveles de actividad física previamente planificados y direccionados en este grupo poblacional.

El impacto positivo del ejercicio físico supervisado fue evidente en varios indicadores de salud en pacientes pos-COVID-19. No obstante, para fortalecer la validez de estos hallazgos sería fundamental realizar estudios con muestras más amplias y diseñar análisis que exploren diferencias según las variables como género, edad y estado basal de los pacientes.

Consideraciones éticas

Este proyecto recibió la aprobación del Comité de Ética de la Universidad Santo Tomás mediante el acto administrativo BOG-2023-EF020, lo que permitió la recolección y el tratamiento de los datos con fines exclusivamente académicos. Todos los participantes leyeron y firmaron un consentimiento informado antes de iniciar el estudio. Este documento fue explicado de manera detallada y clara por los investigado-

res, garantizando la comprensión plena de los objetivos, procedimientos, beneficios y posibles riesgos asociados con su participación. Asimismo, el estudio se llevó a cabo en conformidad con los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki, priorizando la seguridad y el bienestar de los participantes.

Conflicto de intereses

Cada uno de los autores del presente manuscrito declaramos que no poseemos ningún conflicto de intereses con ninguna entidad comercial y/o farmacéutica.

Limitaciones del estudio

El estudio presenta algunas limitaciones como la falta de un grupo control o un grupo no supervisado; además del tamaño de la muestra, el cual sigue siendo reducido.

Referencias

1. Lang JJ, Prince SA, Merucci K, Cadenas-Sanchez C, Chaput JP, Fraser BJ, et al. Cardiorespiratory fitness is a strong and consistent predictor of morbidity and mortality among adults: an overview of meta-analyses representing over 20.9 million observations from 199 unique cohort studies. *Br J Sports Med*. 2024;58(10):556-66. Doi: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-107849>
2. Al-Mallah MH, Sakr S, Al-Qunaibet A. Cardiorespiratory fitness and cardiovascular disease prevention: an update. *Curr Atheroscler Rep*. 2018;20(1):1. doi: <https://doi.org/10.1007/s11883-018-0711-4>
3. Stockwell S, Trott M, Tully M, Shin J, Barnett Y, Butler L, et al. Changes in physical activity and sedentary behaviours from before to during the COVID-19 pandemic lockdown: a systematic review. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2021;7(1):e000960. doi: <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2020-000960>
4. Peçanha T, Goessler KF, Roschel H, Gualano B. Social isolation during the COVID-19 pandemic can increase physical inactivity and the global burden of cardiovascular disease. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2020;318(6):H1441-H1446. Disponible en: <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00268.2020>
5. Laddu DR, Biggs E, Kaar J, Khadanga S, Alman R, Arena R. The impact of the COVID-19 pandemic on cardiovascular health behaviors and risk factors: a new troubling normal that may be here to stay. *Prog Cardiovasc Dis*. 2023;76:38-43. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2022.11.017>
6. Harber MP, Peterman JE, Imboden M, Kaminsky L, Ashton REM, Arena R, et al. Cardiorespiratory fitness as a vital sign of CVD risk in the COVID-19. *Prog Cardiovasc Dis*. 2023;76:44-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2022.12.001>
7. Heo SJ, Park SK, Jee YS. Detraining effects of COVID-19 pandemic on physical fitness, cytokines, C-reactive protein and immunocytes in men of various age groups. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(3):1845. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph19031845>
8. Tisminetzky M, Delude C, Hebert T, Carr C, Goldberg RJ, Gurwitz JH. Age, multiple chronic conditions, and COVID-19: a literature review. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2022;77(4):872-8. doi: <https://doi.org/10.1093/gerona/glaa320>
9. Thakur B, Dubey P, Benitez J, Torres JP, Reddy S, Shokar N. A systematic review and meta-analysis of geographic differences in comorbidities and associated severity and mortality among individuals with COVID-19. *Sci Rep*. 2021;11(1):8562. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88130-w>

10. Organización Mundial de la Salud. WHO Coronavirus (COVID-19) dashboard 2020: World Health Organization [Internet]. Geneva: WHO. Disponible en: <https://covid19.who.int/>.
11. Wang M, Baker JS, Quan W, Shen S, Fekete G, Gu Y. A preventive role of exercise across the coronavirus 2 (SARS-CoV-2) pandemic. *Front Physiol.* 2020;11:572718. doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.572718>
12. Faghy MA, Tatler A, Chidley C, Fryer S, Stoner L, Laddu D, et al. The physiologic benefits of optimizing cardio-respiratory fitness and physical activity - from the cell to systems level in a post-pandemic world. *Prog Cardiovasc Dis.* 2024;83:49-54. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2024.02.006>.
13. Gochicoa-Rangel L, Mora-Romero U, Guerrero-Zúñiga S, Silva-Cerón M, Cid-Juárez S, Velázquez-Uncal M, et al. Prueba de caminata de 6 minutos: recomendaciones y procedimientos. *Neumol Cir Tórax.* 2015;74(2):127-36. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/nct/v74n2/v74n2a8.pdf>.
14. Aranda E. Manual de pruebas para la evaluación de la forma física [Internet]. Mérida: Unidad de Atención Integral de la Salud. Universidad Autónoma de Yucatán. 2018. Disponible en: <https://portalinsitucionala.blob.core.windows.net/cms/3942b7daaeb63c76133c5feb20e51cff/documentos/manualpruebasfisicas.pdf>
15. Bell DR, Guskiewicz KM, Clark MA, Padua DA. Systematic review of the balance error scoring system. *Sports Health.* 2011;3(3):287-95. doi: <https://doi.org/10.1177/1941738111403122>
16. Brawner CA, Ehrman JK, Bole S, Keteyian SJ. The impact of cardiorespiratory fitness and the risk of hospitalization for COVID-19. *J Sports Sci Med.* 2020;19(1):1-6. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2024.07.004>
17. Glavin EE, Matthew J, Spaeth AM. Gender differences in the relationship between cardiorespiratory fitness and hospitalization risk. *J Sports Med.* 2020;47(5):121-8. doi: <https://doi.org/10.1177/1090198120986782>
18. Tartof SY, Qian L, Hong V, Wei R, Nadjafi RF, Fischer H, et al. Obesity and mortality among patients diagnosed with COVID-19: results from an integrated health care organization. *Ann Intern Med.* 2020;173(10):773-81. doi: <https://doi.org/10.7326/m20-3742>
19. Lin R, Hu X, Guo L, Huang J. The health benefit of physical exercise on COVID-19 pandemic: evidence from mainland China. *PLoS ONE.* 2022;17(10):e0275425. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275425>
20. Sallis R, Young DR, Tartof SY, Sallis JF, Sall J, Li Q, et al. Physical inactivity is associated with a higher risk for severe COVID-19 outcomes: a study in 48,440 adult patients. *Br J Sports Med.* 2022;56(2):107-12. doi: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104080>.
21. Levey AS, Coresh J, Tighiouart H, et al. The relationship between low VO2max and increased mortality risk in individuals with chronic diseases. *J Am Soc Nephrol.* 2021;32(10):2520-28. Disponible en: <https://journals.lww.com/jasn/pages/default.aspx>
22. Brawner CA, Ehrman JK, Bole S, Kerrigan DJ, Parikh SS, Lewis BK, et al. Inverse relationship of maximal exercise capacity to hospitalization secondary to coronavirus disease 2019. *Clin Proc.* 2021;96(1):32-9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2020.10.003>.
23. Lazzeri M, Lanza A, Bellini R, Bellofiore A, Cecchetto S, Colombo A, et al. Respiratory physiotherapy in patients with COVID-19 infection in acute setting: a position paper of the Italian Association of Respiratory Physiotherapists (ARIR). *Monaldi Arch Chest Dis.* 2020;90(1):1285. doi: <https://doi.org/10.4081/monaldi.2020.1285>
24. Wong CM, Ou CQ, Chan KP, Chau YK, Thach TQ, Yang L, et al. The effects of air pollution on mortality in socially deprived urban areas in Hong Kong, China. *Environ Health Perspect.* 2008;116(9):1189-94. doi: <https://doi.org/10.1289/ehp.10850>
25. Lowder T, Padgett DA, Woods JA. Moderate exercise protects mice from death due to influenza virus. *Brain Behav Immun.* 2005;19(5):377-80. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2005.04.002>
26. Wu X, Li C, Chen S, Zhang X, Wang F, Shi T, et al. Association of body mass index with severity and mortality of COVID-19 pneumonia: a two-center, retrospective cohort study from Wuhan, China. *Aging (Albany NY).* 2021;13(6):7767-80. doi: <https://doi.org/10.18632/aging.202813>.
27. Campos Codo A, Davanzo GG, de Brito Monteiro L, de Souza GF, Muraro SP, Virgilio-da-Silva JV, et al. Elevated glucose levels favor SARS-CoV-2 infection and monocyte response through a HIF-1 α /glycolysis-dependent axis. *Cell Metabolism.* 2020;32(3):437-46. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2020.07.007>
28. Logette E, Lorin C, Favreau C, Oshurko E, Coggan JS, Casalegno F, et al. A machine-generated view of the role of blood glucose levels in the severity of COVID-19. *Front Public Health.* 2021;9:695139. doi: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.695139>.

29. Longobardi I, Goessler K, de Oliveira Júnior GN, Leite do Prado DM, Pereira Santos JV, Molina Meletti M, et al. Effects of a 16-week home-based exercise training programme on health-related quality of life, functional capacity, and persistent symptoms in survivors of severe/critical COVID-19: a randomised controlled trial. Br J Sports Med. 2023;57(20):1295-302. doi: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-106681>
30. Furtado PL, Brasileiro-Santos MS, Mello BLC, Andrade Araújo A, Sipriano da Silva MA, Suassuna JA, et al. The effect of telerehabilitation on physical fitness and depression/anxiety in post-COVID-19 patients: a randomized controlled trial. J Telemed Telecare. 2023;15(1). doi: <https://doi.org/10.5195/ijt.2023.6560>.
31. Sánchez Rojas IA, Bejarano LO, Romero KD, Pachón HA, Patiño CI, Forero Salas S, et al. Impacto del ejercicio físico supervisado sobre los determinantes de la condición física en población con diagnóstico post COVID-19. Retos. 2024;56:465–71. Disponible en: <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/article/view/100722>

