

Impacto del ejercicio físico supervisado sobre los determinantes de la condición física en población con diagnóstico post Covid 19

Impact of supervised physical exercise on the determinants of physical condition in the population with a post Covid 19 diagnosis

Isabel Adriana Sánchez Rojas, Linda Omaira Bejarano, Karol Dayana Romero, Harol Alexander Pachón, Carlos Iván Patiño, Sebastián Forero Salas, Yenny Paola Argüello Gutiérrez
Universidad Santo Tomás (Bogotá, Colombia)

Resumen. La infección viral derivada del coronavirus SARS-Cov2, conduce a alteraciones de tipo multisistémico y de alta propagación que comprometen de manera potencial la calidad de vida de los seres humanos. El objetivo de la presente investigación estuvo centrado en identificar los cambios sobre la condición física en un grupo de sujetos con diagnóstico de post Covid19 tras la aplicación de un programa de ejercicio físico supervisado. Estudio cuasiexperimental de cohorte longitudinal que contó con la participación de 20 sujetos (12 hombres y 8 mujeres), los cuales fueron intervenidos mediante un macrociclo de bioadaptación durante 3 meses con 3 sesiones de trabajo semanales. Se evaluaron aspectos relacionados con la condición física, antropométrica y hemodinámica básica. Se obtuvieron diferencias significativas desde la línea de base hasta la fase final para el VO_{2max} , test de fuerza máxima y fuerza de resistencia, así como en flexibilidad con valores de ($p \leq 0.005$). El ejercicio físico en esta población mostró cambios positivos en la aptitud cardiorrespiratoria de los participantes incidiendo de manera importante en la reducción de las secuelas generadas por esta patología e impactando directamente sobre la calidad de vida y funcionalidad.

Palabras clave: COVID-19, ejercicio físico, aptitud física

Abstract. The viral infection derived from the SARS-Cov2 coronavirus leads to multisystem and highly propagated alterations that potentially compromise the quality of life of human beings. The objective of this research was focused on identifying changes in physical condition in a group of subjects diagnosed with post Covid19 after the application of a supervised physical exercise program. Quasi-experimental longitudinal cohort study with the participation of 20 subjects (12 men and 8 women), who were operated through a bioadaptation macrocycle for 3 months with 3 weekly work sessions. Aspects related to physical condition, anthropometric and basic hemodynamics were evaluated. Significant differences were obtained from baseline to the final phase for VO_{2max} , maximum strength and endurance strength test, as well as flexibility with values of ($p \leq 0.005$). Physical exercise in this population showed positive changes in the cardiorespiratory fitness of the participants, having an important impact on the reduction of the sequelae generated by this pathology, and directly impacting on the quality of life and functionality.

Keywords: COVID-19, physical exercise, physical fitness

Fecha recepción: 01-07-23. Fecha de aceptación: 15-04-24

Isabel Adriana Sánchez Rojas
isabel.sanchez@usta.edu.co

Introducción

El 31 de diciembre del año 2019 será recordado en la historia de la humanidad por la aparición de un nuevo virus identificado como Covid19 (SARS-Cov2), un beta β coronavirus que en primera instancia genera una afectación aguda a nivel respiratorio, conllevando con el tiempo a una neumonía atípica que tiende a desenvolverse en una condición severa aguda Jimeno & Pallarés (2021). Debido a que el Covid19 (SARS-Cov2) se considera un “virus ARN monocatenario del género beta-coronavirus, familia Coronaviridae” De León, Cárdenas, Giraldo & Herrera (2020). Es una de las especies que causa infecciones en humanos, debido a que penetra en la célula huésped por medio de la interacción entre su glucoproteína espiga (S) el receptor de la enzima convertidora de angiotensina 2 (ECA2), utilizando la serina proteasa TMPRSS2 (proteasa transmembrana, serina 2). Después de la unión al receptor, la escisión proteolítica de la proteína S viral por TMPRSS2 expone una señal de péptido de fusión que permite la mezcla de membranas virales y humanas y la liberación de ARN viral en el citoplasma (Fehr & Perlman, 2015). Por lo tanto, la infección viral altera gravemente las funciones celulares fundamentales y conduce a la eventual apoptosis generando una disfunción a nivel de tejidos

e incluso inflamación local que incluye trastornos musculoesqueléticos, neurológicos, óseos y articulares como lo afirma Griffith (2011). Asimismo, la respuesta inflamatoria en las vías respiratorias también puede provocar una inflamación sistémica que afecta a algunos órganos y sistemas incluido el sistema musculoesquelético por medio de las citocinas y las moléculas de señalización producidas por la infección de la quimiocina 10 del motivo CXC (CXCL10), el interferón gamma (IFN- γ), la interleucina 1 beta (IL-1 β), la IL-6, la IL-8, la IL-17 y el factor de necrosis tumoral alfa (FNT- α) Huang et al. (2020). De igual manera, se ha determinado que las personas que padecen Covid19 (SARS-Cov2) presentan pérdida de tejido muscular cardíaco y esquelético, debido a todos estos procesos catabólicos que se generan de manera sistémica (Dweck, 2020). Por lo cual al estar hospitalizado se puede producir una pérdida de peso bastante sustancial y por este motivo se puede ir presentando sarcopenia y caquexia donde la última es un estado en el que el cuerpo va perdiendo fuerza, pérdida de masa muscular y se encuentra fatigado. La enfermedad por coronavirus ha tenido un gran impacto social, económico y por supuesto en la salud debido a que es una enfermedad que afecta el cuerpo entero ocasionando grandes complicaciones por lo cual se asocia con el aumento del riesgo cardiovascular debido a la inflamación sistémica causando disfunción

endotelial como lo asegura Libby & Lüscher, (2020). De igual manera esta enfermedad se caracteriza por ser muy invasiva y multisistémica, lo que quiere decir que el Covid19 (SARS-Cov2), presenta un espacio muy enriquecido si la persona expuesta presenta obesidad u otras comorbilidades lo que conlleva a que se genere un entorno proinflamatorio; como lo afirma Trujillo & Oetinger (2020) lo que podría llevarlos a la internación en cuidado intensivos e incluso hasta la muerte. Asimismo, Fishman (2020) comprobó que los sistemas inmunodeprimidos están más expuestos al Covid19 (SARS-Cov2), debido a la pésima recuperación que poseen.

Breen (2013) afirma en un estudio que dos semanas de inactividad física reducida disminuyen la masa muscular; dichos procesos están relacionados con la cuarentena, los periodos de inmovilización, reposo en el hospital o en la casa en donde las personas redujeron la actividad física lo cual no es para nada bueno debido a que tiene efectos clínicos en la salud muscular y metabólica; el aumento en la sensibilidad a la insulina junto con la pérdida muscular conducen a la elevación del riesgo a enfermedades crónicas y de multimorbilidad. Así mismo se ha evidenciado que los mecanismos que llevan a afectar la condición física están relacionados con el tiempo de inmovilidad ya que el 25% de los pacientes presentan debilidad muscular atribuida a la reducción en el área transversal del músculo y del tamaño de la fibra o reducción en fibras musculares tipo II (Parry, 2015); sin embargo, en las personas infectadas con Covid19 (SARS-Cov2), también se producen niveles bajos en la capacidad aeróbica determinada en $VO_{2m\acute{a}x}$.

Es por ello por lo que, de acuerdo con el estudio de Nopp & Moik (2022) el ejercicio físico programado y planificado para cada usuario es un mecanismo que puede conseguir revertir algunas consecuencias del Covid19 (SARS-Cov2), aumentar el funcionamiento del sistema inmune y así evitar la infección o mejorar el estado de salud y repararlo. Según Jakobsson & Malm (2020) afirman que la actividad física es un potente camino que ayuda a las funciones cardiovasculares, generan un papel importante en la protección del estrés celular, aumentan la resistencia y mejoran la capacidad de los músculos respiratorios haciéndolos más eficaces; el ejercicio físico preserva la masa corporal, estimula y mejora el funcionamiento del sistema inmune y del sistema respiratorio disminuyendo la incidencia de infecciones como Covid19 (SARS-Cov2), gracias al aumento de la respuesta del sistema inmunitario.

De igual forma, algunos de los beneficios encontrados gracias a la implementación de ejercicio físico para personas con Covid19 (SARS-Cov2), han sido la mejora del funcionamiento a nivel cardiovascular, biogénesis mitocondrial y vascularización, estimula la plasticidad cerebral y a su vez mejora habilidades neurocognitivas y disminuye la disfunción cognitiva; a nivel respiratorio se puede evidenciar un mejor proceso del estrés oxidativo, aumenta la absorción de oxígeno y capacidad pulmonar. Adicionalmente, el ejercicio físico mitiga el desbalance del sistema inmunológico evitando enfermedades infecciosas, cánceres o autoinmunidad

dado que mantiene las células T y la conducta de las células asesinas naturales en equilibrio y contribuye a la respuesta de los actores del Covid19 (SARS-Cov2). De acuerdo con lo anterior, se demostró que el ejercicio a una intensidad moderada - intensa contribuye al buen funcionamiento del sistema ventilatorio, disminuye la magnitud del desencadenamiento de inflamación arraigada a enfermedades preexistentes como la obesidad dado el equilibrio en el perfil lipídico y subsecuentemente el índice de masa corporal Kontopoulou (2022). Por lo anterior, el impacto sobre el sistema inmune conlleva a una reacción más eficaz en la respuesta contra el Covid19 (SARS-Cov2).

Son muchas las investigaciones que confirman el papel del ejercicio físico como factor fundamental en la promoción y prevención que tiene el organismo para optimizar su sistema inmunitario de modo que tenga la suficiente capacidad de enfrentar alguna enfermedad o infección, gracias a que es un generador de células que permiten la adaptación mitocondrial de organismo y de cuidado inmunológico (Pujol, 2021; Hernández et al., 2023). Por consiguiente, el objetivo de la presente investigación es identificar los efectos que tiene un programa de ejercicio físico supervisado sobre las variables de condición física en población post Covid19 (SARS-Cov2) luego de 3 meses de intervención.

Metodología

Tipo de estudio

El tipo de estudio corresponde a un método cuasiexperimental de cohorte longitudinal debido a que los participantes fueron evaluados en dos momentos clave; el primero desde la condición de base previa a la intervención y el segundo al finalizar la misma, permitiendo que los resultados encontrados sean cuantificados y expresados de forma numérica. Los sujetos fueron intervenidos durante 3 meses consecutivos 3 veces por semana, empleando un protocolo de bioadaptación, adicionalmente, no existió aleatorización de los participantes ni grupo control para contrastar los resultados obtenidos.

Población

Se contó con la participación total de 20 usuarios, 12 hombres y 8 mujeres, siendo el 80%; la edad promedio de los hombres fue de 25 años y de las mujeres de 19 años, los cuales fueron seleccionados mediante muestreo no probabilístico, por consiguiente, decidieron participar de manera voluntaria y diligenciaron el consentimiento informado. Respecto a los criterios de inclusión, los participantes debían cumplir con los siguientes: i) ser mayores de edad; ii) pacientes diagnosticados de manera verídica con Covid19 (SARS-Cov2), para ello debían proporcionar la prueba en físico; iii) no poseer ninguna restricción médica o limitación física importante que les impidiera realizar el protocolo de entrenamiento iv) sujetos que no estuviesen consumiendo ningún tipo de suplementación nutricional que pudiese afectar los resultados posteriormente; finalmente, los participantes que no estuvieron de acuerdo con

el consentimiento informado y no cumplieran con las condiciones de salud básicas mencionadas anteriormente fueron excluidos.

Materiales y métodos

Para el desarrollo del presente estudio se contemplaron inicialmente: i) variables sociodemográficas; ii) variables hemodinámicas más la glucometría como indicador de riesgo cardiovascular; iii) composición corporal básica y iv) variables relacionadas con la condición física. Los aspectos que se tuvieron en cuenta en la variable sociodemográfica fueron el lugar de nacimiento, el sexo, la edad, el nivel socioeconómico y la escolaridad. Asimismo, las variables que se implementaron para evaluar antropometría fueron el peso, talla, índice de masa corporal, citometría de tórax e índice cintura cadera, de manera que para garantizar su adecuada evaluación se tuvo en cuenta el protocolo sugerido por la American College Of Sports Medicine (ACSM).

Variables hemodinámicas

En este aspecto fueron contempladas las constantes vitales tales como: frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno por pulsioximetría, frecuencia cardíaca, tensión arterial sistólica, tensión arterial diastólica y glucometría. Para la Frecuencia Cardíaca y la saturación de oxígeno se implementó el pulsioxímetro marca (AGPTEK® FS10C-EU) que se ubicó en el dedo índice de la mano derecha del paciente sin esmaltes y fue tomada en absoluto estado de reposo.

Con relación a la tensión arterial, se le pidió al usuario que no tomará ninguna bebida con cafeína, que tuviera su vejiga vacía y que se abstuviera de realizar alguna práctica de ejercicio físico previo a la toma; seguido de esto se ubicó a la persona en una silla durante cinco minutos para que guardara reposo, se le apoyó su brazo a la altura del corazón encima de una mesa para poner sobre la arterial braquial la marca del manguito del tensiómetro. De igual manera se le solicitó que pusiera sus pies pegados del suelo sin cruzarlos y la espalda apoyada contra el costado de la silla y las rodillas a 90°. Posteriormente se tomó la glucometría con el glucómetro marca AGPTEK® de puntuación 7,25; se realizó la punción en la base del dedo medio y se dispuso una pequeña suma de sangre sobre la cinta reactiva. Enseguida se ubicó la tira en el medidor de la glucosa y en un tiempo de 2 a 3 segundos se generó el resultado. De antemano se le indicó a la persona que no debía tomar ni comer nada ocho horas antes del examen, es decir que debía estar en ayunas. Por último, se evaluó la frecuencia respiratoria; para esto se ubicó al usuario en una silla previamente relajado y se prosiguió a contar el número de veces que el pecho se expandió durante un minuto.

Variables de condición física

Finalmente, se evaluó la condición física de los usuarios y para ello se implementaron las siguientes pruebas

Test de resistencia cardiovascular “caminata de los 6 minutos”

La prueba consistió en medir la distancia máxima que una persona puede recorrer caminando tan rápido como pueda por un periodo de 6 minutos, esta prueba evalúa de manera conjunta el sistema respiratorio, cardiovascular y músculo esquelético en el momento en que el individuo realiza el ejercicio Gochicoa-Rangel (2015). Cabe resaltar, que se buscó homogenizar la misma prueba para el total de los participantes, considerando las diferencias en torno a la edad.

Test de fuerza resistencia “sentadilla”

La prueba consistió en realizar la mayor cantidad de repeticiones que puede hacer en un tiempo total de 1 minuto, esta prueba evalúa la fuerza resistencia al esfuerzo de corta duración que tienen los músculos del tren inferior Aranda (2018).

Test de fuerza resistencia flexión de codos

Este test evalúa la mayor cantidad de repeticiones en un tiempo total de 1 minuto, esta prueba evalúa la fuerza resistencia al esfuerzo de corta duración que tienen los músculos del tren superior.

Test de fuerza resistencia Abdominal

Los sujetos participantes realizaron la mayor cantidad de repeticiones en un tiempo total de 1 minuto; en esta prueba se evalúa la fuerza resistencia al esfuerzo de corta duración que tienen los músculos abdominales.

Test de equilibrio “One leg balance test.”

Esta prueba consiste en estar parado en un pie (generalmente sin zapatos) con los ojos cerrados y la rodilla contralateral flexionada y que no toque el suelo manteniendo la postura por el mayor tiempo posible en segundos Bell (2011).

Test de flexibilidad “Sit and reach.”

El test mide el nivel de flexibilidad de la zona lumbar y cadena muscular posterior, en su ejecución se debe evitar la flexión de rodillas y se debe flexionar la cadera intentando alcanzar el punto más lejano de la cinta métrica, manteniendo la posición durante 2 segundos.

Protocolo de intervención

Se diseñó un protocolo de bioadaptación con una duración total de 3 meses y frecuencia de intervención de tres veces por semana para un total de 24 sesiones totales. Se mantuvieron los principios básicos para la programación del ejercicio físico: método: continuo variado; intensidad: 65-70% de la frecuencia cardíaca máxima de entrenamiento y en percepción subjetiva del esfuerzo mediante escala de Borg entre 6 y 7 puntos; se trabajaron dentro del mesociclo, 3 microciclos (2 de carga por 1 de recuperación). Siempre se garantizó la toma de signos vitales antes y después de cada

sesión con el fin de controlar el comportamiento del paciente durante la realización de ejercicio físico. Es importante aclarar, que la población contó con la intervención domiciliaria del profesional del ejercicio, quién portó los elementos de protección personal adecuados como guantes, tapabocas, gel antibacterial y alcohol para la limpieza de los insumos (tensiómetro, glucómetro y oxímetro).

Con el fin de dar mayor claridad al proceso metodológico llevado a cabo en la presente investigación, a continuación, se presenta el flujograma que resume el proceso de selección y evaluación considerado en los participantes.

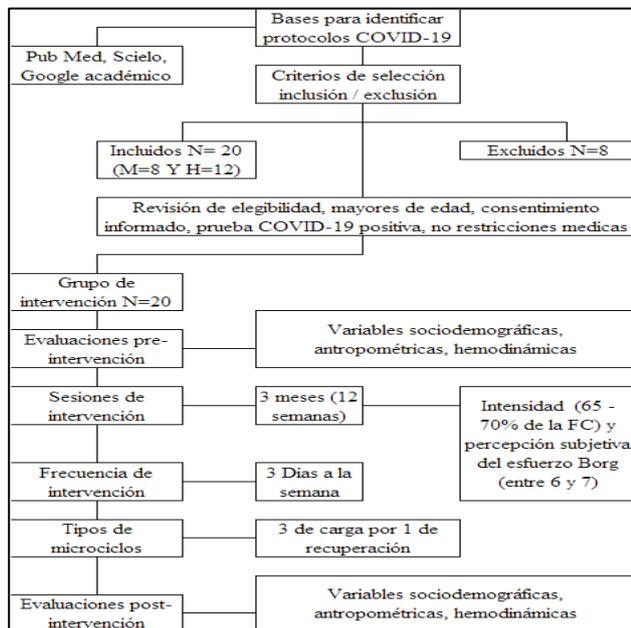


Figura 1. Diagrama de flujo proceso metodológico

Análisis estadístico

Los datos son presentados como medias y desviaciones estándar para cada variable. Se realiza prueba de normalidad de Shapiro Wilk, encontrando que los datos mostraron distribución normal ($p > 0,05$). Posteriormente, se comparan los resultados pre-intervención y post-intervención empleando prueba T para muestras relacionadas, reportando aquellos aspectos de la condición física que resultaron significativos ($p \leq 0,05$). Se empleó el software IBM SPSS versión 28 para el análisis de la información (Licencia Universidad Santo Tomás – Bogotá, Colombia).

Consideraciones éticas

El presente proyecto cuenta con la aprobación del comité de ética de la Universidad Santo Tomás y acto administrativo (BOG-2023-EF020), por lo que se permite la recolección de datos para tratar única y exclusivamente con fines académicos la información de los sujetos. Por tanto, los participantes de la investigación leyeron y confirmaron su participación completando el consentimiento informado, el cual fue explicado y detallado por los investigadores de manera completa y clara; de antemano esta investigación se rige bajo protocolo de Helsinki y cuenta con un riesgo mínimo debido a que se emplea el registro de datos a través de

procedimientos comunes como exámenes físicos y se realizó una intervención con ejercicio moderado en voluntarios sanos y durante todo el proceso los usuarios estaban siendo supervisados y acompañados del profesional a cargo del proyecto. Para finalizar de igual manera se tuvo en cuenta la ley 1266 de 2008 por la cual se dictan las disposiciones generales del hábeas data y se regula el manejo de la información contenida en bases de datos personales, para la protección de los datos debido a que se usaron con fines académicos y no fueron divulgados los nombres datos personales de los participantes.

Resultados

A continuación, se presentan los datos obtenidos de la población evaluada, lo cuales son reportados como promedio o desviaciones estándar. De acuerdo con los datos descriptivos generales se contó con la participación de 20 individuos con diagnóstico post- Covid-19 (12 hombre y 8 mujeres), con edad promedio de 30,1 años $\pm 14,6$. En la tabla 1, se muestran los descriptivos para las variables de condición física obtenidas pretest y post test.

Tabla 1. Descriptivos de condición física (pre-intervención y post intervención)

Variable	Media	DE
VO ₂ máx Test 6 min (ml*kg*min) pre- intervención	33,63	3,80
VO ₂ máx Test 6 min (ml*kg*min) post intervención	37,01	4.18
Sentadillas (rep) pre- intervención	40,00	12.05
Sentadillas (rep) post intervención	43,60	10.89
Arm curl (rep) pre- intervención	27,95	12.58
Arm curl (rep) post intervención	31,55	11.33
One balance test (seg) pre- intervención	30,38	13.88
One balance test (seg) post intervención	34,55	14.54
Test de abdominales min (rep) pre- intervención	28,20	12.74
Test de abdominales min (rep) post intervención	31,45	11.56
Sit and reach (cm) pre- intervención	0,57	8.45
Sit and reach (cm) post intervención	2,67	7.55

DE: Desviación estándar; VO₂máx; consumo máximo de oxígeno

Se pueden identificar cambios importantes en los valores relacionados con la resistencia cardiovascular, obtenidos a partir del VO₂máx durante la prueba de marcha de 6 minutos, con incrementos aproximadamente de 5 puntos con relación a la línea de base de la prueba; de igual forma en variables asociadas con la resistencia a la fuerza, equilibrio y flexibilidad. Posteriormente, se realiza la prueba T para muestras relacionadas con el fin de identificar si existieron diferencias significativas al comparar los valores pre y post intervención, los cuales son presentados en la tabla 2.

Tabla 2. Comparación de medias pre/post intervención

Variable	Pre-intervención		Post intervención		p=	TE
	Media	DE	Media	DE		
VO ₂ máx Test 6 min (ml*kg*min)	33,63	3,80	37,01	4.18	0,000	0.77
Sentadillas (rep)	40,00	12.05	43,60	10.89	0,000	0.28
Arm curl (rep)	27,95	12.58	31,55	11.33	0,001	0.29
One balance test (seg)	30,38	13.88	34,55	14.54	0,049	0.29
Test de abdominales min (rep)	28,20	12.74	31,45	11.56	0,003	0.26
Sit and reach (cm)	0,57	8.45	2,67	7.55	0,019	0.26

DE: Desviación estándar; VO₂máx; consumo máximo de oxígeno; TE: tamaño del efecto

Considerando los resultados obtenidos, se logran identificar diferencias significativas con cambios positivos fueron encontradas en los valores relacionados con el $VO_{2\text{máx}}$ obtenido en el test de marcha de los 6 minutos donde se evidencia incluso que el tamaño del efecto para esta variable fue moderado en comparación con las otras variables evidenciando que el protocolo de ejercicio físico empleado tuvo mayor impacto sobre la resistencia cardiovascular en los sujetos participantes. No obstante, en los resultados para las variables de fuerza de resistencia equilibrio y flexibilidad pese a que se obtuvieron diferencias significativas el tamaño del efecto no refleja una magnitud importante en los resultados. A continuación, se presentarán de manera gráfica estos resultados.

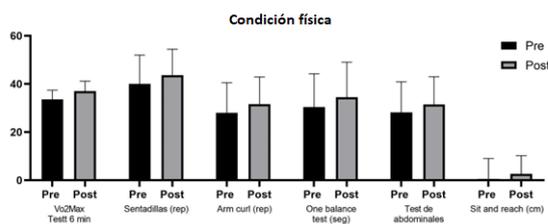


Figura 2. Impacto sobre la condición física pre y post intervención

Discusión

De acuerdo con el objetivo del presente estudio, el cual estuvo orientado en identificar los cambios frente a las variables de condición física pre y post en población con diagnóstico post Covid19 (SARS-Cov2) tras la implementación de un programa de ejercicio físico supervisado, los resultados evidenciaron una mejoría significativa en los niveles de $VO_{2\text{máx}}$ ($p=0,000$), optimizando de manera importante la capacidad pulmonar de los sujetos después de haber ejecutado todas las sesiones de entrenamiento; estudios previos indican que entrenamientos con intensidades iguales o superiores al 40% de la frecuencia cardiaca (FC) y frecuencias de entrenamiento mínimo de 2 veces por semana incrementan de manera positiva la aptitud cardiorrespiratoria, Kimmig (2022), porque de no ser así, el pico de $VO_{2\text{máx}}$ disminuiría aproximadamente en un $2,5 \text{ ml*kg*min}$ por semana, ocasionando fallas en la capacidad de difusión que tienen los pulmones Luciano (2022).

La mayoría de los participantes que sufrieron de Covid19 (SARS-Cov2) no requirieron de unidad de cuidados intensivos, sin embargo, no todos contaban con niveles óptimos de condición física debido a que no eran personas físicamente activas; adicionalmente, a causa del confinamiento por la cuarentena a nivel mundial, sus niveles de sedentarismo fueron incrementando (Cadavid et al., 2023). Por otra parte, en la evaluación inicial los pacientes alcanzaron en promedio solo 33.63 ml*kg*min de $VO_{2\text{máx}}$ en la prueba de 6 minutos, por lo tanto, este valor se asocia con alteraciones pulmonares restrictivas ocurridas tras presentar Covid-19 (SARS-Cov2), las cuales estarían relacionadas probablemente con las secuelas que se pueden presentar a

largo plazo. Estudios similares como el de Taquet (2021), en donde se encontraron reducciones significativas en la prueba de 6 minutos, asociaron tales reducciones con descensos importantes en el $VO_{2\text{máx}}$ y en la calidad de vida de los participantes.

Por otra parte, De León (2020), afirma que en estudios de seguimiento que se han realizado previamente, se encontró la presencia de alteraciones y/o consecuencias cardiovasculares a largo plazo para las personas que padecieron Covid-19 debido a que ellos vivencian un cambio en el metabolismo de grasas dada por las citoquinas hiperinflamación como lo son (Péptidos natriuréticos, troponina elevada y ferritina mayor). Estas son secretadas por células inmunitarias como las células T que afectan al organismo; causando una depresión en la contractilidad miocárdica y disfunción endotelial, aumentando en gran medida el riesgo de mortalidad en esta enfermedad.

De igual manera en estudios anteriores se ha demostrado un daño celular excesivo en tejidos a nivel muscular, donde la enzima lactato deshidrogenasa convierte el piruvato en lactato, generando una hiperlactatemia tisular provocando una acumulación de sustancias que disminuyen el pH y restringen el transporte eritrocitario de oxígeno, por la cual se causa una hipoxia tisular que conlleva a dolor y fatiga. A causa de esto, se plantea ejercer un protocolo de entrenamiento concurrente que le permita a los participantes procesar volúmenes altos de oxígeno tras la combinación de dos cualidades (fuerza y resistencia) (Kucuk, 2020).

Asimismo, se observó una diferencia significativa en los test de fuerza resistencia durante la evaluación inicial con una media de 20.18 repeticiones en comparación al resultado final después de ejecutar el protocolo o de entrenamiento con una media de 31.45 repeticiones, específicamente para el test de abdominales, lo cual se debe a la programación de ejercicios multiarticulares, siendo estos beneficiosos para promover una ganancia o aumento en la fuerza muscular tal como lo asegura Gentil (2015) en su investigación preliminar; por consiguiente es importante estimular la práctica del ejercicio en gran variedad de lugares y espacios lo antes posible sin dejar de lado las recomendaciones sobre salud. Cabe resaltar que los resultados se evidencian un impacto positivo que tuvo el entrenamiento enfocado en fuerza, fuerza resistencia y capacidad cardiorrespiratoria en los pacientes post Covid-19 (SARS-Cov2) siendo esto un punto a favor debido al impacto que tiene el trabajo multiarticular y la carga progresiva sobre el componente muscular, entendiendo las implicaciones no solo en la funcionalidad para los sujetos sino en el papel del músculo como órgano cardioprotector y de regulación endocrino metabólica (Ramírez, 2021).

Conclusiones

Son múltiples los beneficios que hasta el momento se pueden conocer respecto al ejercicio físico, sin embargo, resulta interesante identificar que pese al desconocimiento

que se poseía en torno al Covid-19, el trabajo mediante métodos de base metabólica aeróbica como el continuo variado, conlleva a beneficios tan importantes como la condición física, la funcionalidad de los sistemas no solo respiratorios si no también cardiaco y musculoso; así mismo mejora la calidad de vida de los participantes del estudio, lo cual sigue abriendo la puerta de invitación a investigaciones con grupos poblacionales más numerosos que sean beneficiados de participar de este tipo de proyectos.

Limitaciones

Como parte de las limitaciones a considerar se incluyen: la no presencia de grupo control en el proceso debido a las restricciones biosanitarias propias de la nación; por otra parte, la posibilidad de obtener un mayor número de participantes dentro del estudio debido a los temores en relación con nuevos contagios, esto derivó en que el profesional del ejercicio físico tuviese que trasladarse a los domicilios de los participantes.

Referencias

- Aranda, E. Unidad de Atención Integral de la salud de la UADY. (2018). Manual de pruebas para la evaluación de la forma física. <https://www.deportes.uady.mx/recursos/manualpruebasfisicas.pdf>
- Bell, D. R., Guskiewicz, K. M., Clark, M. A., & Padua, D. A. (2011). Systematic review of the balance error scoring system. *Sports health*, 3(3), 287-295. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3445164/>
- Breen, L., Stokes, KA, Churchward-Venne, TA, Moore, DR, Baker, SK, Smith, K., ... y Phillips, SM (2013). Dos semanas de actividad reducida disminuye la masa magra de las piernas e induce la "resistencia anabólica" de la síntesis de proteínas miofibrilares en ancianos sanos. *Revista de Endocrinología Clínica y Metabolismo*, 98 (6), 2604-2612. <https://academic.oup.com/jcem/article/98/6/2604/2537326>
- Cadavid-Ruiz, N., Herrán-Murillo, Y. F., Patiño-Gil, J. C., Ochoa-Muñoz, A. F., & Varela-Arévalo, M. T. (2023). Actividad física y percepción de bienestar en la universidad: estudio longitudinal durante el covid-19 (Physical activity and perceived well-being at the university: longitudinal study during covid-19). *Retos*, 50, 102-112. <https://doi.org/10.47197/retos.v50.98968>
- Calderón, J. L. P., Gustavo, A. R. M., Castellanos, E. J. R., & Rojas, I. A. S. (2021). Recomendaciones para la realización de ejercicio físico en población con diagnóstico post-COVID-19. *Revista Peruana de ciencia de la actividad física y del deporte*, 1(1), 15-15.
- De León, J. D. L. P., Cárdenas-Marín, P. A., Giraldo-González, G. C., & Herrera-Escandón, Á. (2020). Coronavirus—COVID 19: Más allá de la enfermedad pulmonar, qué es y qué sabemos del vínculo con el sistema cardiovascular. *Revista Colombiana de cardiología*, 27(3), 142-152. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0120563320300784>
- Dweck, MR, Bularga, A., Hahn, RT, Bing, R., Lee, KK, Chapman, AR., & Haugaa, K. (2020). Evaluación global de la ecocardiografía en pacientes con COVID-19. *European Heart Journal-Imágenes cardiovasculares*, 21 (9), 949-958. <https://academic.oup.com/ehjcmag/article/21/9/949/5859292>
- Fehr, A. R., & Perlman, S. (2015). Coronaviruses: an overview of their replication and pathogenesis. *Coronaviruses: methods and protocols*, 1-23. https://link.springer.com/protocol/10.1007/978-1-4939-2438-7_1
- Fishman, J. A., & Grossi, P. A. (2020). Novel Coronavirus-19 (COVID-19) in the immunocompromised transplant recipient: # Flatteningthecurve. *American Journal of Transplantation*, 20(7), 1765-1767. [https://www.amjtransplant.org/article/S1600-6135\(22\)22408-3/fulltext](https://www.amjtransplant.org/article/S1600-6135(22)22408-3/fulltext)
- Gentil, P., Soares, S. y Bottaro, M. (2015). Ejercicios de resistencia de una o varias articulaciones: efectos sobre la fuerza muscular y la hipertrofia. *Revista asiática de medicina deportiva*, 6 (2). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4592763/>
- Gochicoa-Rangel, L., Mora-Romero, U., Guerrero-Zúñiga, S., Silva-Cerón, M., Cid-Juárez, S., Velázquez-Uncal, M., ... & Torre-Bouscoulet, L. (2015). Prueba de caminata de 6 minutos: recomendaciones y procedimientos. *Neumología y cirugía de tórax*, 74(2), 127-136. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0028-37462015000200008
- Griffith, J. F. (2011). Musculoskeletal complications of severe acute respiratory syndrome. In *Seminars in musculoskeletal radiology* (Vol. 15, No. 05, pp. 554-560). © Thieme Medical Publishers. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22081289/>
- <https://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.1003773>
- Hernández, P. Z., Montes Mata, K. J., & Valenzuela Jurado, F. (2023). Autoeficacia para el ejercicio físico antes y durante la Pandemia Covid-19 (Self-efficacy for physical exercise before and during the Covid-19 Pandemic). *Retos*, 47, 1041-1045. <https://doi.org/10.47197/retos.v47.90792>
- Huang, C., Wang, Y., Li, X., Ren, L., Zhao, J., Hu, Y., ... & Cao, B. (2020). Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *The lancet*, 395(10223), 497-506. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673620301835>
- Jakobsson, J., Malm, C., Furberg, M., Ekelund, U., & Svensson, M. (2020). Actividad física durante la pandemia de coronavirus (COVID-19): prevención de la disminución de las funciones metabólicas e inmunológicas.

- Front. Sports Act. Living, 2, 57. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fspor.2020.00057/full>
- Jimeno-Almazán, A., Pallarés, J. G., Buendía-Romero, Á., Martínez-Cava, A., Franco-López, F., Sánchez-Alcaraz Martínez, B. J., ... & Courel-Ibáñez, J. (2021). Post-COVID-19 syndrome and the potential benefits of exercise. *International journal of environmental research and public health*, 18(10), 5329. <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/10/5329>
- Kimmig, LM, Rako, ZA, Ziegler, S., Richter, MJ, GS, AT, Roller, F., ... & Matt, U. (2022). Fenotipado cardiopulmonar integral a largo plazo de COVID-19. *Investigación respiratoria*, 23 (1), 1-11. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9491263/>
- Kontopoulou, S., Daniil, Z., Gourgoulisanis, K. I., & Kotsiou, O. S. (2022). Exercise Preferences and Benefits in Patients Hospitalized with COVID-19. *Journal of Personalized Medicine*, 12(4), 645. <https://www.mdpi.com/2075-4426/12/4/645>
- Kucuk, A., Cumhur Cure, M. y Cure, E. (2020). ¿Puede COVID-19 causar mialgia con un mecanismo completamente diferente? Una hipótesis. *Reumatología clínica*, 39 (7), 2103-2104. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10067-020-05178-1>
- Libby, P. y Lüscher, T. (2020). COVID-19 es, al final, una enfermedad endotelial. *Revista europea del corazón*, 41 (32), 3038-3044. <https://academic.oup.com/eurheartj/article/41/32/3038/5901158>
- Luciano F, Cenacchi V, Ruggiero L, Pavei G. From the Lab to Real Life: Monitoring Cardiorespiratory Fitness during the COVID-19 Pandemic through Wearable Devices. *An Exploratory Longitudinal Study on Healthy Participants*. *Healthcare (Basel)*. 2022 Mar 28;10(4):634. doi: 10.3390/healthcare10040634. PMID: 35455812; PMCID: PMC9028944. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35455812/>
- Nopp, S., Moik, F., Klok, F. A., Gattinger, D., Petrovic, M., Vonbank, K., ... & Zwick, R. H. (2022). Outpatient pulmonary rehabilitation in patients with long COVID improves exercise capacity, functional status, dyspnea, fatigue, and quality of life. *Respiration*, 101(6), 593-601. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35203084/>
- Parry, SM y Puthuchear, ZA (2015). El impacto del reposo prolongado en cama sobre el sistema musculoesquelético en el entorno de cuidados intensivos. *Fisiología extrema y medicina*, 4 (1), 1-8. <https://extremephysiolmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13728-015-0036-7>
- Pérez, L. C. V. (2020). La COVID-19: reto para la ciencia mundial. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 10(2), 763. <http://covid19.sld.cu/index.php?P=FullRecord&ID=327>
- Pujol-Lereis, VA, Flores, A., Barboza, MA, Abanto-Argomedo, C., Amaya, P., Bayona, H., ... & Ameriso, SF (2021). Efectos del bloqueo de COVID-19 en la atención del accidente cerebrovascular agudo en América Latina. *Revista de accidentes cerebrovasculares y enfermedades cerebrovasculares*, 30 (9), 105985. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1052305721003906>
- Ramírez-Herrera, Cristian J., Pico-Tarazona, Juan C., Sánchez, Isabel A., Garavito-Peña, Felipe R., Mendoza-Romero, Darío, & Castro-Jiménez, Laura E. (2021). Ángulo de fase como indicador de riesgo cardiovascular en estudiantes universitarios. *Revista Colombiana de Cardiología*, 28(6), 656-664. <https://doi.org/10.24875/rccar.m21000109>
- Taquet, M., Dercon, Q., Luciano, S., Geddes, JR, Husain, M. y Harrison, PJ (2021). Incidencia, concurrencia y evolución de las características de la COVID-19 prolongada: un estudio de cohorte retrospectivo de 6 meses de 273 618 sobrevivientes de la COVID-19. *Medicina PLoS*, 18 (9), e1003773.
- Trujillo, L. M., Oetinger, A. V., & García, D. (2020). Ejercicio físico y COVID-19: la importancia de mantenernos activos. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 36(4), 334-340. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-73482020000400334&script=sci_arttext

Datos de los autores:

Isabel Adriana Sánchez Rojas	isabel.sanchez@usta.edu.co	Autor/a
Linda Omaira Bejarano	linda.bejarano@usantotomas.edu.co	Autor/a
Karol Dayana Romero	karolromero@usantotomas.edu.co	Autor/a
Harol Alexander Pachón	harolpachon@usantotomas.edu.co	Autor/a
Carlos Iván Patiño	carlospatinoa@usantotomas.edu.co	Autor/a
Sebastián Forero Salas	sebastian.forero.salas@gmail.com	Autor/a
Yenny Paola Argüello Gutiérrez	yenniarguello@usta.edu.co	Autor/a