



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

I S S S T E
CENTRO MEDICO NACIONAL "20 DE NOVIEMBRE"

Título del trabajo:

**Evaluación de los efectos del
entrenamiento de la flexibilidad y
capacidad aeróbica en personas
convalecientes de enfermedad COVID-
19.**

MODALIDAD: TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

ESPECIALISTA EN MEDICINA (MEDICINA DE
REHABILITACIÓN)

PRESENTA:

DRA. DANIELA CAROLINA MUÑOZ GUERRERO

Dr. PAVEL LOEZA MAGAÑA – ASESOR DE TESIS.

MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN.

Dra. ILIANA LUCATERO LECONA – PROFESORA TITULAR.

MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN.

Ciudad de México. 11 de Septiembre del 2023.





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Evaluación de los efectos del entrenamiento de la flexibilidad y capacidad aeróbica en personas convalecientes de enfermedad COVID-19.

Folio ISSSTE:
321.2023.



Dra. Denisse Añorve Ballón
Subdirector de Enseñanza e Investigación
Centro Médico Nacional "20 de Noviembre"



Dr. José Luis Aceves Chimal
Coordinador de Enseñanza
Centro Médico Nacional "20 de Noviembre"



Dra. Iliana Lucatero Lecona
Profesor titular de la Especialidad en Medicina de Rehabilitación
Centro Médico Nacional "20 de Noviembre"



Dr. Pavel Loeza Magaña
Asesor de tesis.
Centro Médico Nacional "20 de Noviembre"



Dra. Daniela Carolina Muñoz Guerrero
Médico residente de la Especialidad en Medicina de Rehabilitación
Centro Médico Nacional "20 de Noviembre"

ÍNDICE

Título.....	1
Agradecimientos.....	4
Resumen.....	5
Abstract.....	6
Abreviaturas.....	7
Introducción.....	8
Antecedentes.....	9
Metodología.....	11
Planteamiento del problema.....	11
Justificación.....	11
Hipótesis.....	11
Objetivo general.....	12
Objetivos específicos.....	12
Diseño y tipo de estudio.....	12
Población de estudio.....	12
Universo de trabajo.....	12
Criterios de inclusión.....	13
Criterios de exclusión.....	13
Criterios de eliminación.....	13
Muestreo no probabilístico.....	13
Descripción operacional de las variables.....	13
Metodología de la investigación.....	16
Aspectos éticos.....	17
Consideraciones de bioseguridad.....	17
Resultados.....	18
Discusión.....	22
Limitantes del estudio.....	23
Conclusiones.....	23
Conflicto de interés.....	24
Bibliografía.....	24

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mi familia por su apoyo incondicional, en especial a mis padres por siempre estar a mi lado y creer en mí, a mi hermana por siempre estar al pendiente, a mis tías (Alejandra y Fabiola) por siempre darme ánimos y risas y a todos mis prim@s, todos son un ejemplo a seguir.

Gracias a estos 4 años de residencia, en los que forme grandes amistades, a mis Co-R (Danilo, Kathy y Jaime) por aguantarme y apoyarnos y los residentes que se hicieron mis amigos (R3).

Gracias a todos mis maestros por todas sus enseñanzas brindadas estos años.

Gracias

RESUMEN

Introducción: La enfermedad de COVID-19, se sabe que ha presentado múltiples afectaciones al sistema cardio pulmonar repercutiendo en el desacondicionamiento físico (fatiga e intolerancia al ejercicio) ya sea por inflamación sistémica o por estancias prologadas en hospital, en casos moderados a severos. En el servicio de Medicina Física y Rehabilitación del CMN 20 de Noviembre se realizó un programa de acondicionamiento físico en personas convalecientes de COVID-19, pero no se ha realizado una evaluación de resultados. **Objetivo:** Evaluar el efecto del entrenamiento de la flexibilidad y capacidad aeróbica en personas convalecientes de COVID-19. **Metodología:** Se propone un diseño de estudio retrospectivo, descriptivo, analítico. Del registro de pacientes del servicio de Medicina Física y Rehabilitación se seleccionarán los expedientes clínicos que cumplan con los criterios de selección registrando las siguientes variables: Edad, sexo, peso, talla, basal y post rehabilitación frecuencia cardiaca, saturación de O₂, mets alcanzados, distancia entre dedos pies. **Resultados:** Se realizó la comparación de la prueba inicia contra la prueba final encontrando los siguientes resultados de Vo₂ pico de 18.42 (\pm 6.42) y 24.24 (\pm 7.01), ciclos por minuto de 22.88 (\pm 6.70) y 30.42 (\pm 6.82), mets de 5.26 (\pm 1.83) y 6.9 (\pm 2.0) y el *seat and reach* en centímetros de 9.28 y 4.28 respectivamente, mostrando mejoría en todas las variables. **Conclusión:** Un programa de acondicionamiento orientado a la capacidad aeróbica y flexibilidad, mejorará estas variables, siendo reproducibles y fáciles de realizar.

Palabras clave: COVID-19, capacidad aeróbica y flexibilidad.

ABSTRACT

Introduction: COVID-19 disease is known to have had multiple effects on the cardiopulmonary system, affecting physical condition (fatigue and exercise intolerance) either due to systemic inflammation or prolonged hospital stays, in moderate to severe cases. In the Physical Medicine and Rehabilitation service of the CMN 20 de Noviembre, a physical condition program was carried out in people convalescent from COVID-19, but an evaluation of the results has not been carried out. **Objective:** To evaluate the effect of flexibility and aerobic capacity training in people convalescent from COVID-19. **Methodology:** Retrospective, descriptive, analytical study design is proposed. From the registry of patients of the Physical Medicine and Rehabilitation service, clinical records that meet the selection criteria will be selected, recording the following variables: Age, sex, weight, height, baseline and post-rehabilitation heart rate, O₂ saturation, mets achieved, distance between toes **Results:** The comparison of the initial test against the final test was made, finding the following results of peak Vo₂ of 18.42 (± 6.42) and 24.24 (± 7.01), cycles per minute of 22.88 (± 6.70) and 30.42 (± 6.82), meters of 5.26 (± 1.83) and 6.9 (± 2.0) and the *seat and reach* in centimeters of 9.28 and 4.28 respectively, showing improvement in all variables. **Conclusion:** A conditioning program oriented to aerobic capacity and flexibility will improve these variables, being reproducible and easy to perform.

ABREVIATURAS

- SARS-cov-2: Síndrome respiratorio agudo severo tipo-2
- Hcovs: Coronavirus humanos
- OMS: Organización Mundial de la Salud
- PASC: Secuelas post-agudas de Covid-19
- UCI: Unidad de cuidados intensivos
- O₂: Oxígeno
- VO₂max: Capacidad de oxígeno máximo
- IL-6: interleucina-6
- TNF- α : Factor de necrosis tumoral alfa
- AST: Aspartato aminotransferasa
- IFN- γ : Interferón Gamma
- IL-4: interleucina-4
- Ig: Inmunoglobulinas
- OPS: Organización Panamericana de la Salud
- m: metros
- Min: minutos
- Kgm: potencia mecánica
- Kg: kilogramos
- J: joules
- W: watts
- FC Max: frecuencia cardiaca máxima
- FC: frecuencia cardiaca
- S: segundos
- cm: centímetro

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La enfermedad de COVID-19, causada por el Síndrome Respiratorio Agudo Severo tipo-2 (SARS-CoV-2) ocasionó una emergencia pública internacional sanitaria (1), que hasta abril 2022 no se ha podido erradicar. Los coronavirus son virus de ARN monocatenario pertenecientes a la familia "coronaviridae". Se denomina de esta manera debido a que presentan forma de corona con espículas en su superficie externa (2). Se propagan fácilmente entre seres humanos, mamíferos y pájaros causando enfermedades respiratorias, neurológicas, gastrointestinales o hepáticas. Actualmente se han identificado alrededor de 7 coronavirus humanos (HCoVs) capaces de infectar la raza humana y causar una enfermedad con distintos grados de severidad, desde un cuadro leve similar a un resfriado común hasta uno severo o fatal (1).

Los cuadros leves cursan con infección del tracto respiratorio superior sin llegar a desarrollar neumonía. En los severos se presenta polipnea a razón de 30 respiraciones por minuto por la disnea, tos productiva, respiraciones cortas e hipoxia. Los estados críticos cursan con neumonía severa, falla respiratoria, arresto cardíaco y/o falla orgánica múltiple que puede llevar a la muerte (1). El SARS-CoV-2 se consideró como una emergencia de salud pública internacional por parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS) el 30 de enero 2020 y en marzo del mismo año se declaró pandemia (1).

Los pacientes con Covid-19 pueden desarrollar una miopatía aguda durante su enfermedad viral aguda, aunque la miopatía en sí rara vez es el síntoma que se presenta y la debilidad muscular puede variar de leve a severa. Además, durante la hospitalización, los pacientes con Covid-19 grave son susceptibles de desarrollar una miopatía conocida como miopatía por enfermedad crítica. Los factores de riesgo de desarrollar una miopatía por enfermedad crítica incluyen una condición respiratoria, la gravedad de la enfermedad subyacente, la necesidad de ventilación mecánica, la administración de corticoesteroides intravenosos o agentes bloqueadores de la unión neuromuscular, y sepsis, la mayoría de los cuales se encuentran comúnmente en pacientes hospitalizados con Covid-19 (2).

Los síntomas relacionados con la afección al sistema músculo esquelético son comunes tanto en Covid-19 aguda como en las secuelas post-agudas de Covid-19 (PASC). Estos incluyen dolor muscular (mialgia), debilidad muscular (de leve a severa), fatiga e intolerancia al ejercicio. La mialgia y la artralgia también son síntomas persistentes comunes en los pacientes con PASC y son más notables en los pacientes que fueron colocados en posición prona durante el de unidad de cuidados intensivos (UCI) (2).

En el servicio de rehabilitación física del CMN 20 de Noviembre se implementó una estrategia terapéutica que consiste en un entrenamiento de acondicionamiento aeróbico y de flexibilidad para mejorar las secuelas físicas de la enfermedad COVID19, pero a la fecha no se ha realizado una evaluación del efecto de esta estrategia, por lo que se propone la presente investigación para conocer las fortalezas y debilidades de este tipo

de entrenamiento, para determinar su inclusión como terapia estandarizada para pacientes con este tipo de afección cardiopulmonar secundaria a enfermedad COVID19.

ANTECEDENTES

Los pacientes ingresados en la UCI con COVID-19 muestran una reducción significativa de la capacidad aeróbica a lo largo de su estancia en el hospital, se ha demostrado que la disfunción mitocondrial puede desempeñar un papel importante en el deterioro de la función física observado en los pacientes con COVID-19. El deterioro de las mitocondrias musculares y, por tanto, la capacidad del músculo para utilizar el oxígeno (O₂). La causa principal de la reducción aguda de la capacidad de oxígeno máximo (VO₂máx) durante el reposo en cama es una marcada reducción del gasto cardíaco, es decir, de la capacidad de suministrar O₂ a los músculos que trabajan. (2)

Por lo tanto, no es sorprendente que los pacientes con Covid-19 con sarcopenia preexistente tardaran el doble de tiempo en ser dados de alta y tuvieran una tasa de mortalidad ocho veces mayor que los que no tenían sarcopenia. Aunque sigue sin estar claro si el virus del SARS-CoV-2 causa daño directamente a los músculos, la debilidad muscular es un síntoma clínico evidente en los pacientes con COVID-19. (3)

Las pautas de actividad física para estadounidenses, publicadas por el Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos, recomiendan al menos 150 a 300 minuto / semana de intensidad moderada, o 75 a 150 minuto / semana de actividad física aeróbica de intensidad vigorosa para una salud saludable en adultos. Las personas mayores y las personas con enfermedades crónicas deben realizar programas multicomponentes que incluyen ejercicios aeróbicos, de fortalecimiento, de flexibilidad y de equilibrio. Las personas deben seguir siendo físicamente activas. (4)

El ejercicio de alta intensidad ha demostrado un efecto benéfico sobre los factores inflamatorios en las condiciones de obesidad, con disminución en la interleucina-6 (IL-6), el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α) y la aspartato aminotransferasa (AST), disminución en la relación de interferón gamma/interleucina-4 (IFN- γ / IL-4), aunque en otros estudios se encontró que el ejercicio intenso prolongado puede conducir a niveles más altos de mediadores inflamatorios y, por ende, el riesgo de lesiones e inflamación crónica. El factor de descanso adecuado en ejercicio moderado o vigoroso puede lograr el máximo beneficio. A este fenómeno se le conoce como la teoría de la "ventana abierta", que hipotéticamente permitiría un aumento en la susceptibilidad a las enfermedades de las vías respiratorias superiores. Se ha concluido que el ejercicio de alta intensidad mal dosificado puede ser peligroso (especialmente en personas obesas) y ayudar a exacerbar el virus COVID-19. También se observa que la enfermedad COVID-19 puede ser asintomática en varios días y, por lo tanto, el ejercicio intenso de alta intensidad puede ser más peligroso sin supervisión (5). Así mismo existe evidencia de los beneficios que tiene en el cuerpo el entrenamiento aeróbico, ya que el incremento de

la capacidad aeróbica mejora los sistemas inmunitario y respiratorio, posiblemente a través de tres mecanismos: Incrementando el número y la función de las células inmunes (Linfocitos T particularmente) e inmunoglobulinas (Ig) IgA e IgG, regulando los niveles de proteína C reactiva (pro inflamatoria) y disminuyendo la ansiedad y la depresión; en segundo lugar, podría mejorar las funciones del sistema respiratorio, restaurando la elasticidad y la fuerza del tejido pulmonar normal; en tercer lugar, podría actuar como una barrera protectora para disminuir los factores de riesgo de COVID-19 (6).

Es más que evidente el beneficio de la actividad física para el organismo, cobrando mayor importancia en pacientes que cursan una infección por COVID 19, incidiendo principalmente en la gravedad de la enfermedad y en la reducción de los tiempos de recuperación (7), por lo que es indispensable incluir dentro de los programas de rehabilitación la actividad física regular.

La actividad física también mejora los resultados en personas mayores con enfermedades crónicas como enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares, demencia y deterioro cognitivo (8).

Los programas de ejercicio deben incluir una combinación de ejercicio aeróbico, por lo que el VO₂max es un gran indicador de la capacidad aeróbica, y se puede afectar tras cursar con infección de COVID 19, por lo que tener una buena medición de este es indispensable para la adecuada prescripción de un programa de acondicionamiento físico que busque mejorar esta capacidad, por lo que los métodos indirectos reproducibles son útiles que nos permite enfocar el abordaje y manejo de los pacientes. Por lo que los programas de ejercicio deben incluir una combinación de fuerza, equilibrio y ejercicio aeróbico. La consulta o la derivación a especialistas en prescripción de ejercicios, como fisioterapeutas o fisiólogos del ejercicio, se pueden utilizar para proporcionar asesoramiento individualizado sobre un programa de ejercicios adaptado a las condiciones de salud, habilidades funcionales, entorno y preferencias y objetivos personales de una persona mayor (8).

Algunas estrategias simples que pueden promover el compromiso con el ejercicio pueden incluir planificar un momento para hacer ejercicio, consultar con un familiar o amigo acerca de sus planes de ejercicio y realizar un seguimiento del ejercicio utilizando un diario de ejercicios o un rastreador de actividad. La OMS y Organización Panamericana de la Salud (OPS) sugieren ofrecer servicios de tele salud (9,10) para las personas con discapacidad, a través de llamada telefónica, mensajes de texto o videoconferencia a fin de proporcionarles atención de salud y apoyo psicosocial en relación con su salud en general, la rehabilitación y, en los casos en que corresponda, la COVID-19. El uso de videoconferencia requiere conectividad a Internet estable, disponibilidad de tecnología tanto para el proveedor de rehabilitación como para el paciente, capacitación de la plataforma al paciente, familia y personal de salud y la disponibilidad de soporte técnico para solucionar problemas (11).

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Planteamiento del problema

Se sabe que las personas con COVID-19, presentan desacondicionamiento físico, ya sea por inflamación sistémica o por estancias prologadas en hospital, en casos moderados a severos (2). De los pacientes internados en el CMN 20 de noviembre, un grupo, ingresó a rehabilitación intra hospitalaria. A su egreso, continuaron con un seguimiento de rehabilitación vía telemedicina. Aquellos que persistían con síntomas de desacondicionamiento, habiendo completado el programa de rehabilitación, ingresaron a un programa llamado acondicionamiento físico, diseñado expreso para un tratamiento individualizado. En este programa, elaborado por el curso de alta especialidad de fisiología clínica del ejercicio, se realizaba una batería de pruebas físicas para determinar la capacidad funcional, se prescribía y controlaba un ciclo de entrenamiento a distancia, volviendo a ser evaluados al final de éste. Sin embargo, no se ha realizado una evaluación de resultados. Derivado de lo anterior, surge la siguiente pregunta científica:

¿Cuál es el efecto del entrenamiento de la flexibilidad y capacidad aeróbica en personas convalecientes de COVID-19?

Justificación

Los síntomas relacionados con la afección al sistema cardio respiratorio son comunes tanto en COVID-19 agudo como en las secuelas post-agudas de COVID-19 (PASC) como fatiga, intolerancia al ejercicio, mialgia y la artralgia también son síntomas persistentes comunes en los pacientes con PASC (2).

En el servicio de rehabilitación física del CMN 20 de Noviembre se implementó una estrategia terapéutica que consiste en un entrenamiento de acondicionamiento físico, aeróbico y de flexibilidad para mejorar las secuelas físicas de la enfermedad COVID19, pero a la fecha no se ha realizado una evaluación del efecto de esta estrategia, por lo que se propone la presente investigación para conocer las fortalezas y debilidades de este tipo de entrenamiento físico, para determinar su inclusión como terapia estandarizada para pacientes con este tipo de afección cardiopulmonar secundaria a enfermedad COVID19.

Hipótesis

El efecto del entrenamiento de la flexibilidad y capacidad aeróbica en personas convalecientes de COVID-19 mejora significativamente.

Objetivo general

Evaluar el efecto del entrenamiento de la flexibilidad y capacidad aeróbica en personas convalecientes de COVID-19.

Objetivos específicos

1. Conocer las mediciones iniciales y finales en las pruebas de capacidad aeróbica y elasticidad
2. Conocer los valores de carga externa en la capacidad aeróbica y elasticidad de mediciones basales en un programa de acondicionamiento físico y las mediciones post programa de acondicionamiento físico
3. Describir la saturación de oxígeno tras la realización de la prueba del escalón.
4. Describir la frecuencia cardiaca alcanzada tras el término de la realización de la prueba del escalón.
5. Describir la modificación de la frecuencia cardiaca al termino del programa
6. Describir el consumo máximo de oxígeno inicialmente y final de la prueba del escalón.
7. Describir los METS alcanzados en la prueba del escalón al inicio y final del entrenamiento.
8. Describir la modificación de los Joules y Watts de la prueba inicial contra a prueba final.
9. Describir la modificación de centímetros de la prueba del *seat and reach* de la prueba inicial contra la prueba final.

Diseño y tipo de estudio.

Estudio retrospectivo, descriptivo, analítico.

Población de estudio.

Expedientes de pacientes que concluyeron tele-rehabilitación y que cumplieron con criterios físicos de seguridad, para realizar acondicionamiento físico vía telemedicina.

Universo de trabajo

Expedientes de pacientes egresados del Centro Médico Nacional “20 de Noviembre” convalecientes de infección debida a COVID-19 atendidos mediante tele-rehabilitación en el servicio de Medicina Física y Rehabilitación mediante telemedicina, que concluyeron programa de terapia física Montefiore 3.

Criterios de inclusión.

Expedientes de pacientes egresadas de este Centro Médico Nacional “20 de Noviembre” debido a infección por formas moderadas a graves de COVID-19, que hayan ingresado al programa de tele-rehabilitación brindado por el servicio de Medicina de Rehabilitación, concluyendo un plan de Terapia Montefiore nivel 3. Ingresaron a tele-acondicionamiento aquellos pacientes que lograban realizar marcha y que presentaran fatiga, debilidad auto percibida, disnea de medianos esfuerzos y/o mialgias.

Criterios de exclusión.

No ingresaron los pacientes que no tuvieran hoja de registro de entrenamiento posterior a las pruebas iniciales.

Criterios de eliminación.

Expedientes de los pacientes que no hubieran realizado pruebas iniciales, aún cumpliendo criterios de ingreso a tele-acondicionamiento.

Muestreo no probabilístico

Se realizó un muestreo no probabilístico con los expedientes de todos los pacientes que cumplieron criterios de inclusión. La muestra total fue de 65 expedientes de pacientes

Descripción operacional de las variables

Variable	Definición operacional	Clasificación	Unidad de medida
Edad	Tiempo transcurrido desde el nacimiento al ingreso del programa.	Independiente Discreta Cuantitativa Ordinal	Años
Sexo	Determinación genética de la persona por rasgos reproductivos.	Independiente Dicotómica Cualitativa Nominal	Hombre Mujer

Peso	Fuerza que ejerce un cuerpo sobre un punto de apoyo, originada por la acción del campo gravitatorio local sobre la masa del cuerpo. Se registro al inicio del programa.	Independiente Continua Cuantitativa Ordinal	Kilogramos
Talla	Altura de una persona desde los pies a la cabeza. Se registro al inicio del programa.	Independiente Continua Cuantitativa Ordinal	Metros
Frecuencia cardiaca en la prueba de escalafón	Numero de latidos del corazón en un minuto. Se registró al inicio y al final de la prueba del escalón.	Independiente discreta Cuantitativa Ordin	Latidos por minuto
Saturación de oxígeno en la prueba de escalafón	Porcentaje de oxígeno vinculado con la hemoglobina de la sangre. Se registró al inicio y al final de la prueba del escalón.	Independiente Discreta Cuantitativa Ordinal	Porcentaje (%)
Percepción del esfuerzo	Valoración subjetiva que indica la opinión del sujeto respecto a la intensidad del trabajo realizado	Independiente Cualitativa Nominal	Borg modificado (0-10)
Consumo de oxígeno	Diferencia arteriovenosa de oxígeno en la unidad de tiempo	Dependiene Continua Cuantitativa Ordinal	ml/kg/min

MET	Unidad de medida del calor producido por el organismo de un individuo en reposo	Dependiente Continua Cuantitativa Ordinal	Mets
Potencia mecánica	Cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo.	Dependiente Continua Cuantitativa Ordinal	Kgm (unidad de potencia mecánica)
Trabajo	Fuerza que se aplica sobre un cuerpo para desplazarlo de un punto a otro	Dependiente Continua Cuantitativa Ordinal	Joules
Flexibilidad global	Capacidad de estiramiento de los músculos implicados. Capacidad que tiene una articulación para realizar un movimiento articular con la máxima amplitud posible. Se registró al inicio y al final de la prueba de <i>seat and reach</i> .	Independiente Continua Cuantitativa Ordinal	Distancia en centímetros en prueba <i>Seat and reach</i>

Metodología de la investigación

Se realizó una revisión de expedientes de los pacientes que ingresaron al programa de tele-acondicionamiento que cumplieron criterios de inclusión y que tuvieran pruebas iniciales que consistía en la prueba del escalón y del *seat and reach* y que no cumplieran con criterios de exclusión.

Prueba del escalón de 3 minutos: Se registró frecuencia cardiaca de reposo y saturación de oxígeno, y se midió la altura del escalón en metros. Se dio indicación de subir y bajar con cada pie, a la mayor velocidad posible, subiendo desde la orilla del escalón, sin proyectar el cuerpo hacia el frente, y extendiendo por completo la cadera y la rodilla en cada movimiento, marcando cada ciclo como “sube – sube, baja – baja”. Se pidió al familiar que contara el número de ciclos, y contara 3 minutos con el cronómetro. A la par, el médico registraba lo mismo por videollamada. Al finalizar, se registraba la frecuencia cardiaca y la saturación de oxígeno. Con esta prueba se calculó el VO₂ pico con la fórmula: VO₂ pico = Altura banco (m) x ciclos*min x 1.8 x 1.33 + (ciclos*min x 0.35), los mets de carga externa: VO₂ pico / 3.5; la Potencia mecánica (kgm) = Peso corporal (kg) x altura escalón (metros) x ciclos minuto x 1.33; el trabajo total (J) = kg * 9.81 * altura del escalón * (ciclos por minuto * 3); la potencia aeróbica máxima (W) = J / 180. Con la frecuencia cardiaca de reposo y la obtenida al final de los 3 minutos, se definió la frecuencia cardiaca de reserva por fórmula de Karvonen: (FC max – FC reposo) * intensidad deseada + FC reposo. La intensidad basal fue determinada como .6 y .8 para señalar el 60 a 80% de la carga interna.

La prueba fue detenida si durante su realización, el paciente presentó: disnea, acceso de tos disneizante, palpitaciones, angina, cefalea, mareo, deseo de suspender la prueba por fatiga. Se programó el entrenamiento de características interválicas intensivas con el 80% de los ciclos realizados en un minuto, a la mayor velocidad posible, con reposos pasivos de 30 s, registrando mientras la frecuencia cardiaca y saturación, y repitiendo este intervalo por 10 periodos. La carga interna fue controlada mediante la reserva cardiaca.

2. Sit and reach: Se realizó sobre una silla estable con respaldo sin descansabrazos de altura aproximada de 50cm. Una vez sentado el paciente se le solicitó extender ambas piernas con tobillo en extensión de 90° (corroborando que los pies se encuentren apoyados contra el escalón o la pared) y se realizó una flexión de tronco completa, intentando alcanzar con ambas manos los dedos de los pies. El examinador midió la distancia entre la punta de los dedos de las manos y la punta de ambos pies y así fue registrada la distancia de la punta de los dedos hasta la punta de los pies. Distancia en cm (flexibilidad). La carga a entrenar fue determinada con auto-estiramiento estático, mantenido 10 s, con relajación de 10 s, en 3 repeticiones.

Posterior a las pruebas iniciales se realizó un entrenamiento de manera diaria, 2 veces a la semana supervisado por videollamada y el resto por el familiar del paciente, y se realizaron series de cada ejercicio en cada sesión; durante 4 semanas. Al término, se realizaron evaluaciones con el mismo procedimiento y condiciones de las iniciales. Se utilizará el programa estadístico SPSS v28.0 para Windows.

Aspectos éticos

El estudio se ajustó a los lineamientos establecidos por la Secretaría de Salud (**artículo 17 del reglamento de la ley general de salud en materia de investigación**). Considerando que se trata de un estudio retrolectivo y se analizó información del expediente clínico de los pacientes, no se solicitó firma de consentimiento informado. El presente protocolo de investigación fue sometido a evaluación por los comités de investigación, ética y bioseguridad del CMN 20 de Noviembre. Esta investigación cumplió las buenas prácticas en investigación biomédica establecidos por la Secretaría de Salud y por la Institución, así como con apego a los lineamientos establecidos en la declaración de Helsinki.

Consideraciones de bioseguridad

El presente estudio se ajustará a los lineamientos establecidos en las disposiciones de la fracción 6.7. NOM-197-SSA1-2000, así como la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, que establece criterios para la ejecución de proyectos de investigación para salud de seres humanos. Por lo cual esta investigación es Sin Riesgos ya que solo se usará revisión de expedientes clínicos.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Descripción demográfica

Se revisaron los expedientes de 65 pacientes, 38 hombres y 27 mujeres con edades de 18 a 72 años, que habían cursado con la enfermedad de COVID 19 de moderado a severo, que ingresaron a un programa de tele-acondicionamiento donde se realizó una prueba inicial con el test del de escalón y el *seat and reach*. La descripción del flujograma de selección de pacientes se encuentra en la Figura 1. Los detalles de somatometría se agrupan en la tabla 1.

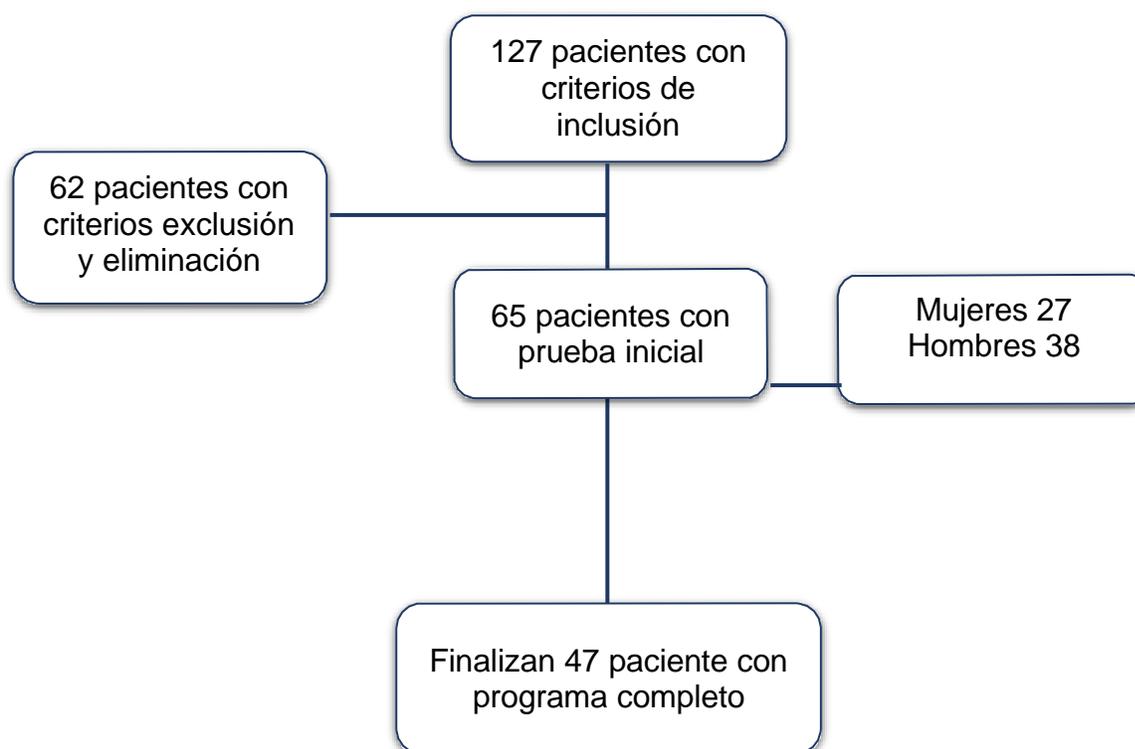


FIGURA 1. Flujograma de selección de paciente

Tabla 1. CARACTERIZACIÓN DEMOGRÁFICA DE LA POBLACIÓN ESTUDIADA

VARIABLES					
SEXO BIOLÓGICO	Total: 65 pacientes		Hombres: 38 (58.46%) Mujeres: 27 (41.53%)		
	Media	Límite inferior	Límite superior	Desviación estándar	Valor de P
EDAD (AÑOS)	49.72	18	72	± 12.91	0.129*
PESO (KG)	78.18	47	110	± 13.18	0.854*
TALLA (CM)	165.44	142	185	± 9.46	0.821*
IMC	28.56	20.34	47.61	± 4.41	0.001*

kg: kilogramos. cm: centímetros. IMC: índice de masa corporal. *Shapiro-wilk.

Resultados del programa de acondicionamiento

En el análisis estadístico mediante las pruebas no paramétricas, se realiza la comparación de la prueba inicial contra la prueba final encontrando los siguientes resultados. En la prueba inicial, se encontró un VO₂pico bajo en términos de grupos de edad, poca reserva cardíaca, y poca carga externa en relación con un número bajo de ciclos por minuto, además, se encontró una flexibilidad alterada, que nos muestra un desacondicionamiento global. No hubo una disminución de la saturación de oxígeno, más allá de lo normal.

En la prueba final se observa que en todas las variables estudiadas hubo una mejoría, con un aumento notorio en los ciclos por minuto, que representa un incremento del VO₂ pico (figura 2), de la reserva cardíaca, del trabajo (Joules) (figura 3), potencia aeróbica máxima y potencia mecánica (Watts) (figura 4), al igual que los mets y disminución de los centímetros en la prueba de flexibilidad (*seat and reach*) (figura 5); esto nos traduce una recuperación de la condición física de los pacientes. El comportamiento de los datos estudiados se agrupan en la tabla 2.

Figura 2. Diferencias antes y después del entrenamiento en el consumo de oxígeno pico.

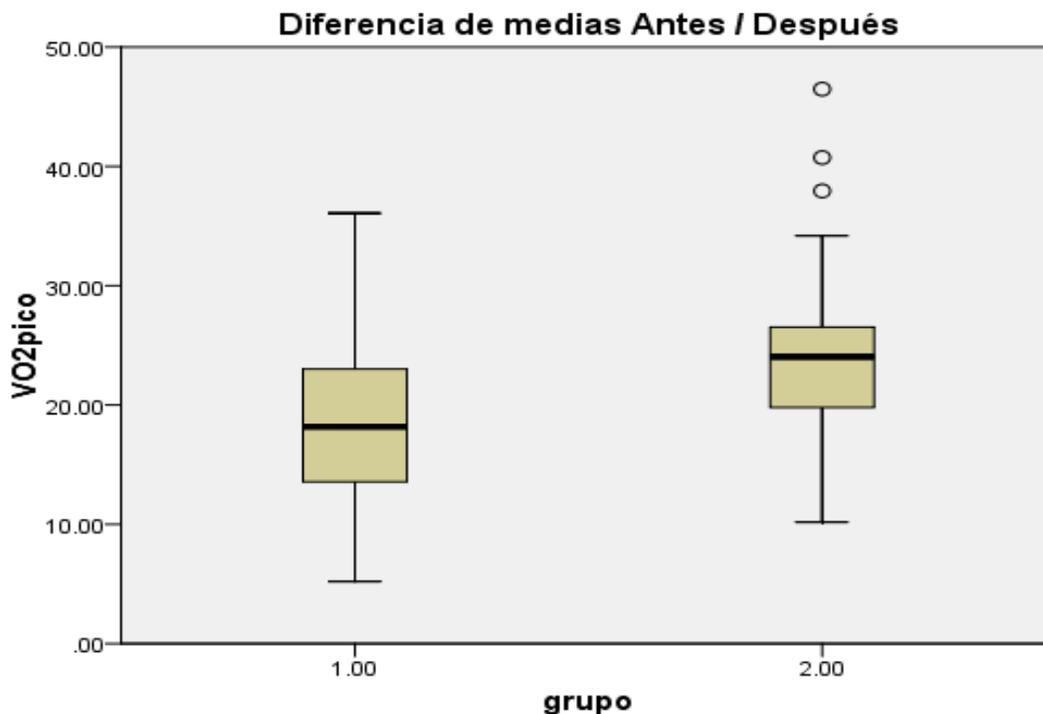


Figura 3. Diferencias antes y después del entrenamiento en trabajo.

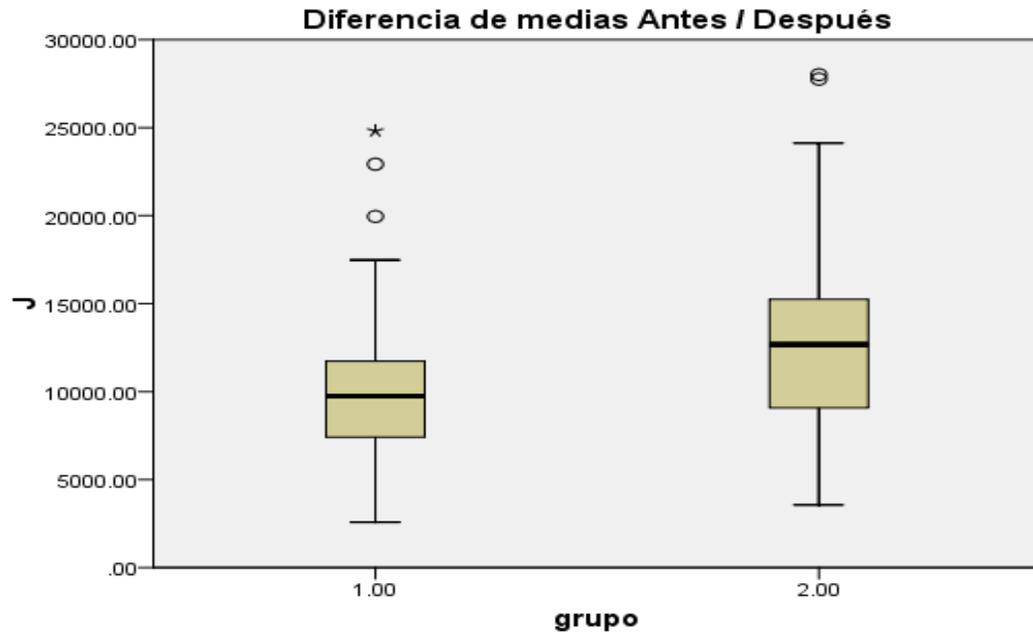


Figura 4. Diferencias antes y después del entrenamiento en potencia mecánica

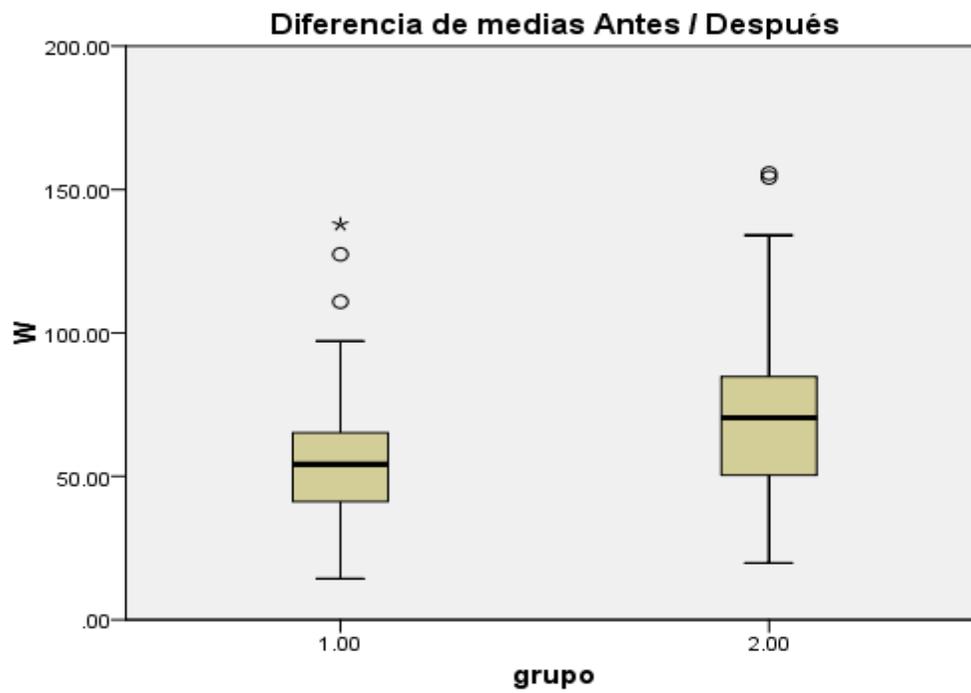


Figura 5. Diferencias antes y después del entrenamiento de flexibilidad.

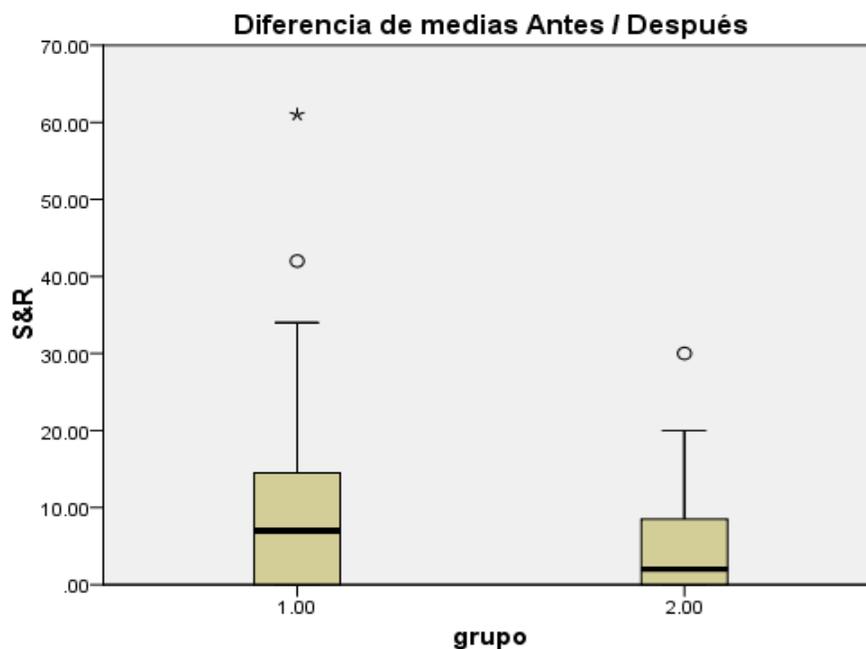


Tabla 2. Resultados del comportamiento entre prueba inicial vs prueba final de teleacondicionamiento.

	Prueba inicial n: 65	DE	Prueba final n: 47	DE	Valor-P	Δt	IC95%
Vo2 Pico	18.42	± 6.42	24.24	± 7.01	<0.005*	-5.82	-8.40/-3.24
Ciclos por minutos	22.88	± 6.70	30.42	± 6.82	<0.005*	-7.54	-10.11/-4.97
Mets	5.26	± 1.83	6.9	± 2.0	<0.005*	-1.66	-2.40/-0.92
FC							
Min	85	± 14.2	83.34	± 12.44	0.483	2.21	-2.80/7.22
Max	119	± 23.24	122.91	± 22.55	0.494	-2.63	-11.31/6.04
Saturación							
Min	93.84	± 2.11	94.38	± 2.15	0.123	-0.53	-1.34/0.27
Max	91.3	± 3.94	89.61	± 12.7	0.773	1.41	-2.43/5.26
Joules	10046	± 4561.3	12747.29	± 5543	<0.005*	-2700	-4614/-787
Watts	55.81	± 25.3	70.8183	± 29.6	<0.005*	-15.0	-25.6/-4.37
Seat & reach (cm)	9.28	± 11.23	4.28	± 6.75	0.04*	4.29	0.64/7.94

DE: desviación estándar, Δt : diferencia de medias, IC: intervalo de confianza, n: número de pacientes, Vo2: capacidad de oxígeno, FC: frecuencia cardiaca, Min: mínima, Máxima: máxima, cm: centímetros, *: significancia estadística.

Discusión

El long – covid fue descrito como la secuela más importante del COVID-19, por su frecuencia, independientemente de la magnitud del cuadro agudo de la enfermedad. La manifestación como desacondicionamiento físico, presentó la necesidad de crear un programa de acondicionamiento físico. Ante esta necesidad, se tuvieron que implementar diferentes pruebas, que fueran reproducibles, fáciles de aplicar, y confiables, dado que, se realizó por telemedicina, con material que se tuviera en casa; por lo que se eligió la prueba del escalón y la *seat and reach*; realizando una prueba inicial, un entrenamiento de 4 semanas y una prueba final.

En el presente estudio se observó que todos los pacientes presentaban de manera notoria, un desacondicionamiento físico en todas las variables medidas; en su prueba final, todas estas variables tuvieron una mejoría. Las variables notables fueron el incremento de ciclos por minuto en el escalón, que refleja un aumento del VO₂pico, y, por lo tanto los mets; y la disminución de centímetros en la prueba de flexibilidad.

Esto se relaciona con el estudio de Jimeno (13), donde se estudió a un grupo de 39 personas con post infección moderada de COVID-19 mayor de 12 semanas de evolución, divididos en un grupo control (20 personas) donde se siguieron las guías de la Organización mundial de la salud de rehabilitación post-covid y un grupo de entrenamiento (19 personas) donde se realizaron pruebas iniciales, 8 semanas de entrenamiento supervisado y una prueba final, con un entrenamiento en cicloergómetro, de características aeróbicas de intensidad moderada; evaluando VO₂max, y FC; donde se obtuvieron valores iniciales de VO₂max 36.8 (±10.2), FC max de 146 (±13), en comparación los valores fueron más elevados que a nuestros valores iniciales. En las pruebas finales los valores VO₂max fueron de 38.9 (±10.8) y FC max de 136 (±12.8) (Figura 6). Nuestro valor fue realizado con una prueba de campo (escalón) y en pacientes que tuvieron condiciones similares, pero en los dos estudios se obtuvo una mejoría notoria similar en las pruebas.

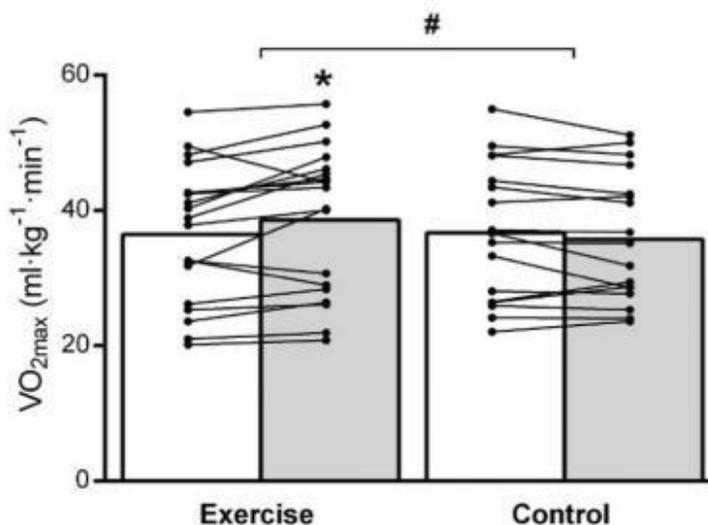


Figura 6. Efectos de 8 semanas de pre (blanco) y post (gris) entrenamiento en grupo control y de ejercicios tomado de: Jimeno-Almazán, et al. Rehabilitation for post-COVID -19 condition through a supervised exercise intervention: A randomized controlled trial. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2022 Sep 23.

En la revisión sistemática de Ishtiaq (14) donde se revisaron 8 estudios en pacientes con COVID-19 agudo y crónico de intensidad leve a moderada, donde se realiza diferentes tipos de pruebas y entrenamientos, pero todos enfocados en la capacidad aeróbica. La prueba más usada fue la caminata de 6 minutos donde al final de los entrenamientos se vio una mejoría significativa en todos los estudios, al igual que en nuestra investigación. Además, se comparó con enfermedades como enfermedad pulmonar crónica obstructiva, SARS con una mejor recuperación, al igual se realizó una comparación entre grupos de COVID-19 agudo y crónico con una mayor recuperación en los pacientes con COVID-19 agudo. En nuestro estudio los pacientes tuvieron una presentación de long-COVID (crónico), y aun así se obtuvo una mejoría importante en todos los pacientes.

Se evaluó la flexibilidad con el *seat and reach* donde se observó una disminución de centímetros. Aunque sea una prueba simple de realizar, nos puede reflejar una mayor facilidad en la movilidad, mejor funcionalidad del paciente. Al momento no hay estudios que nos midan el impacto que genera esta ganancia de flexibilidad en pacientes con características similares o como ésta puede mejorar la calidad de vida de los pacientes, de ahí la importancia de este estudio.

Concluimos en que la intervención realizada es una herramienta útil para mediciones y entrenamiento de la capacidad aeróbica y flexibilidad, ya que son fácilmente aplicables y reproducibles en cualquier espacio, de una manera segura desde pacientes jóvenes (18 años) hasta pacientes de la tercera edad (72 años), que al hacer un entrenamiento corto y supervisado de manera remota podemos tener un incremento en el acondicionamiento físico, que se puede relacionar en una mejoría de la funcionalidad e independencia, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se corrobora la hipótesis alterna en este estudio.

Limitantes del estudio

No se pudo realizar medición directa del consumo aeróbico, al tratarse de telemedicina, de igual forma, no fue posible monitorear la respuesta presora ni estandarizar la altura del escalón, lo que podría impactar en cierto error estándar en los valores encontrados.

Conclusiones

Un programa de acondicionamiento orientado a la capacidad aeróbica y flexibilidad, mejoró las variables de consumo de oxígeno, Mets ciclos por minuto y la disminución de centímetros con una significancia estadística, siendo reproducibles y fáciles de realizar las pruebas del escalón y del *seat and reach*. Las personas que cursaron con covid-19, presentaron un estado de desacondicionamiento aeróbico, aún tras haber realizado un programa de rehabilitación previo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen intereses económicos en competencia o relaciones personales conocidas que pudieran haber influido en el trabajo informado en este documento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ganesh B, Rajakumar T, Malathi M, Manikandan N, Nagaraj J, Santhakumar A, et al. Epidemiology and pathobiology of SARS-CoV-2 (COVID-19) in comparison with SARS, MERS: An updated overview of current knowledge and future perspectives. *Clin Epidemiol Glob Heal*. 2021 ;10:100694 . DOI: 10.1016/j.cegh.2020 .100694.
2. Soares N, Eggelbusch M, Naddaf E, Gerrits K, Van der Schaaf M, Van den Borst B. Skeletal muscle alterations in patients with acute Covid-19 and post-acute sequelae of Covid-19. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*. 2022 (citado 7 ene 2022); 13: 11–22. Disponible en: doi-org/10.1002/jcsm.12896.
3. Sagarra L, Viñas A. COVID-19: Short and Long-Term Effects of Hospitalization on Muscular Weakness in the Elderly. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020 (citado 24 nov 2020); 17, 8715. Disponible en: <https://doi:10.3390/ijerph17238715>
4. Rodríguez MA, Crespó, Olmedillas H. Exercising in times of COVID-19: what do experts recommend doing within four walls? *Rev Esp Cardiol*. 2020. Article in press. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2020.04.001>
5. Rahmati-Ahmadabad S, Hosseini F, Exercise against SARS-CoV-2 (COVID-19): Does workout intensity matter? (A mini review of some indirect evidence related to obesity). *Obesity medicine*. 2020. Article in press. DOI.org/10.1016/j.obmed.2020.100245
6. Mohamed A, Alawna M, Role of increasing the aerobic capacity on improving the function of immune and respiratory systems in patients with coronavirus (COVID-19): A review. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*. 2020;14:489-496.
7. Sallis R, Young DR, Tartof SY, Physical inactivity is associated with a higher risk for severe COVID-19 outcomes: a study in 48 440 adult patients. *Br J Sports Med Epub ahead of print*; 0:1–8. DOI-org/10.1136/ bjsports-2021-104080.
8. Said CM, Batchelor F, Duque G, Physical activity and exercise for older people during and after the COVID-19 pandemic: A path to recovery. *Journal of the American Medical Directors Association* 2020. Article in press. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2020.06.001>.

9. Bettger JP, Thoumi A, Markevich V, De Groote W, Battistella LR, Imamura M., COVID-19: maintaining essential rehabilitation services across the care continuum. *BMJ Global Health* 2020;(5). DOI:10.1136/bmjgh-2020-002670
10. Organización Mundial de la Salud, Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud CIF, OMS, Ginebra, 2001.
11. World Health Organization, How to use the ICF. A Practical Manual for using the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF), Exposure draft for comment, WHO, Ginebra, 2013.
12. Alba AL. Test funcionales, cineantropometría y prescripción del entrenamiento en el deporte y actividad física. 3 ed. Colombia: editorial Kinesis; 2010.
13. Jimeno-Almazán A, Franco-López F, Buendía-Romero Á, Martínez-Cava A, Sánchez-Agar JA, Sánchez-Alcaraz Martínez BJ, et al. Rehabilitation for post-COVID -19 condition through a supervised exercise intervention: A randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2022 Sep 23.
14. Ahmed I, Mustafaoglu R, Yeldan I, Yasaci Z, Erhan B. Effect of Pulmonary Rehabilitation Approaches on Dyspnea, Exercise Capacity, Fatigue, Lung Functions, and Quality of Life in Patients With COVID-19: A Systematic Review and Meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2022 Jul.