

Impacto de un Programa de Recuperación Funcional en Músculos Ventilatorios y Apendiculares en Pacientes Post-ventilación Mecánica por COVID-19

Impact of a Functional Recovery Program on Ventilatory and Appendicular Muscles in Patients Post-mechanical Ventilation for COVID-19

María Fernanda del Valle Valdés^{1,2}; Constanza Díaz Canales¹; Mariano del Sol³; Máximo Escobar-Cabello⁴; Jorge Valenzuela Vásquez^{1,2} & Rodrigo Muñoz-Cofré⁵

DEL VALLE, V. M. F.; DÍAZ, C. C.; DEL SOL, M.; ESCOBAR-CABELLO, M.; VALENZUELA, V. J. & MUÑOZ-COFRÉ, R. Impacto de un programa de recuperación funcional en músculos ventilatorios y apendiculares en pacientes post-ventilación mecánica por COVID-19. *Int. J. Morphol.*, 41(5):1485-1491, 2023.

RESUMEN: Los pacientes con COVID-19 subsidiarios de ventilación mecánica (VM), evolucionan con consecuencias funcionales en la musculatura ventilatoria y apendicular que no necesariamente se abordan de manera diferenciada. El objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto de un programa de recuperación funcional en estos pacientes y determinar si las intervenciones afectan de manera diferenciada a las funciones ventilatorias y musculatura apendicular, utilizando pruebas de bajo costo. Se evaluaron 47 pacientes con COVID-19 que estuvieron en VM. Posterior a una espirometría basal se les realizó: presión inspiratoria máxima (PIM_{ax}), fuerza de prensión palmar (FPP), prueba de pararse y sentarse (PPS) y Prueba de caminata en 6 minutos (PC6m), antes y después del plan de intervención. Este programa incluyó ejercicios aeróbicos y de fuerza supervisados por dos sesiones semanales de 60 minutos durante 3 meses. Después del programa, se observaron mejoras significativas en la capacidad vital forzada (CVF), el volumen espiratorio en el primer segundo (VEF1) y la PIM_{ax}. Se encontraron relaciones significativas entre estas mediciones y la distancia recorrida de la PC6m, la FPP y la PPS. En conclusión, el programa de recuperación funcional en pacientes con COVID-19 que requirieron VM, beneficia tanto la función ventilatoria como la fuerza muscular apendicular. Las pruebas de fuerza muscular apendicular pueden ser útiles para evaluar la recuperación ya que pueden entregar información diferenciada de sus rendimientos. Por último, se necesita más investigación para comprender mejor la respuesta de estos pacientes a la rehabilitación.

PALABRAS CLAVE: Recuperación funcional; COVID-19; Función ventilatoria.

INTRODUCCIÓN

El COVID-19 es una enfermedad causada por el virus SARS-CoV-2, perteneciente a la familia de los Coronavirus (MINSAL, 2021). En diciembre del año 2019, la Organización Mundial de Salud (OMS) en China alertó sobre pacientes con neumonía de etiología desconocida (MINSAL, 2021). Este sería el foco inicial de una pandemia que ha afectado de todo el mundo (WHO, 2012). En Chile, hasta el 13 de mayo de 2021 han ocurrido 1.512.239 casos de COVID-19, con una tasa de 7.771,7 por 100.000 habi-

tantes. Esta corresponde a la incidencia acumulada, es decir, el total de casos diagnosticados desde el 3 de marzo 2020 (MINSAL, 2021). Sin embargo, las proyecciones de las consecuencias funcionales que tendrá esta sindemia aún son motivo de especulación (Horton, 2020).

Debido a los síntomas respiratorios, los que en algunos casos, pueden producir una falla respiratoria aguda grave, los pacientes con COVID-19 pueden llegar a reque-

¹ Servicio de Medicina Física y Rehabilitación, Hospital el Carmen, Maipú, Chile.

² Escuela de Kinesiología, Universidad de Santiago de Chile, Santiago, Chile.

³ Centro de Excelencia en Estudios Morfológicos y Quirúrgicos, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

⁴ Laboratorio de Función Disfunción Ventilatoria, Departamento de Kinesiología, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

⁵ Programa de Doctorado en Ciencias Morfológicas. Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

rir ventilación mecánica (VM) prolongada. Esta situación sumada al reposo prolongado en cama conlleva a secuelas físicas que generan la necesidad de Rehabilitación Respiratoria (RR) durante y después de la hospitalización (Spruit *et al.*, 2020). Las secuelas en los pacientes que sobreviven a COVID-19, tienen un alto riesgo de presentar en los años siguientes requerimientos progresivos de las prestaciones de salud, donde la recuperación de la función debe estar a la vanguardia de una atención orientada (Wang *et al.*, 2020). Pese a esto, los datos de seguridad y eficacia de las intervenciones sobre la mejoría o la reducción de sus capacidades después de la hospitalización están en proceso de investigación.

Otra posible consecuencia de la estadía en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) y el uso de VM en pacientes con COVID-19, puede ser el desarrollo de debilidad muscular diferenciada o generalizada. Este síndrome de debilidad se desarrolla tanto en la musculatura ventilatoria como de los miembros apendiculares. La incidencia de este síndrome es bastante elevada en pacientes de la UCI y se asocia con una mayor duración de la VM y hospitalización, además de esto se acompaña con un deterioro funcional significativo en los sobrevivientes (Álvarez *et al.*, 2021; Del Valle *et al.*, 2022). La función pulmonar de los pacientes que sobreviven a la neumonía COVID-19 se ve afectada, con un patrón restrictivo incluso 6 semanas después del alta hospitalaria. En cuanto al abordaje no farmacológico, la principal herramienta terapéutica para tratar el aparato locomotor es el ejercicio. Esta intervención debe centrarse en dos grupos musculares principalmente: los músculos ventilatorios y los apendiculares (Mandal *et al.*, 2021). No obstante, se desconoce si sus respuestas son homogéneas y diferenciadas acorde a la participación que tienen en las funciones motoras.

En este contexto existen evaluaciones de aptitudes físicas que son de bajo costo, de rápido acceso y ha sido asociadas con una amplia gama de resultados relacionados a la salud. Es así, como la fuerza de prensión palmar (FPP), la prueba de pararse y sentarse (PPS) y la prueba de caminata en 6 minutos (PC6m) se usa a menudo como un indicador de bajo costo de fuerza muscular y capacidad física al mismo tiempo de asociarse con enfermedades respiratorias (Daher *et al.*, 2020; Spruit *et al.*, 2020). Sin embargo, si su participación pudiera estar condicionada a la variabilidad de sus comportamientos con base a un programa de recuperación funcional, por consecuencia sería atendible considerar el manejo diferenciado de sus compromisos.

De este modo, el objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto de un programa de recuperación funcional mediante la intervención de los principales grupos

musculares ventilatorios y apendiculares en pacientes que han requerido VM debido a COVID-19 en Chile. Se busca determinar si estas intervenciones afectan de manera diferenciada las funciones de la musculatura ventilatoria y de los miembros superiores e inferiores o funciones mixtas como lo es por ejemplo la distancia recorrida en la PC6m. Además, se pretende explorar su utilidad como indicadores de bajo costo para la detección de problemas funcionales relacionados con COVID-19.

MATERIAL Y MÉTODO

Participantes

Se estudiaron pacientes con diagnóstico de COVID-19, los criterios de inclusión fueron a) diagnóstico de COVID-19 a través de test de PCR (+), b) requerimiento de VM con intubación orotraqueal, c) alta médica hospitalaria, d) control con cardiólogo y electrocardiograma normal y e) estar en control de salud (Hospital el Carmen de Maipú, Santiago, Chile). Se excluyeron a los pacientes que no comprendieran órdenes y/o no siguieran las instrucciones. Esta investigación fue aprobada por el Comité de Ética Científico del Servicio de Salud Metropolitano Central (Resolución N° 048975). Además, todos los pacientes leyeron y firmaron un consentimiento informado. antes y después del plan de intervención a los pacientes se les realizó una espirometría, la presión inspiratoria máxima (PIMáx), la FPP, la PPS y la PC6m.

Mediciones

A todos los pacientes se les realizó una espirometría basal y, posterior a esto, las mediciones de la musculatura ventilatoria y apendicular. La presión inspiratoria máxima (PIMáx) se utilizó para determinar fuerza muscular inspiratoria. Y para determinar fuerza apendicular se usaron las pruebas de FPP, PPS y PC6m.

Espirometría: La medición espirométrica se estandarizó según las normas de la Sociedad Americana del Tórax incorporando las sugerencias nacionales, en relación, al cuidado por la pandemia de COVID-19 (SER Chile, 2021). El paciente en posición sedente colocó el neumotacógrafo en su boca y se le solicitó una espiración forzada a partir de capacidad pulmonar total. Se consideraron los valores de capacidad vital forzada (CVF) y el volumen espiratorio en el primer segundo (VEF1) y su relación. Para esto se utilizó un espirómetro Medgraphics (CPFS/D USB 2.02, MGC Diagnostics Corporation, Minnesota, USA) (Graham *et al.*, 2019).

Presión inspiratoria máxima (PIMáx): Con un medidor de presión diferencial (PCE-P01/PCE-P05®, PCE Ibérica S.L. Albacete, España), el paciente utilizando pinzas nasales, ventiló a volumen corriente por cinco ciclos respiratorios a través de la boquilla y se le indicó realizar una espiración máxima, se bloqueó la válvula niftee y se solicitó una inspiración máxima contra la válvula cerrada (flujo cero). Se seleccionó la mejor prueba de un mínimo de tres maniobras aceptables y reproducibles según normativa ATS/ERS (ATS/ERS, 2002).

Fuerza de prensión palmar (FPP): Se utilizó un dinamómetro hidráulico (Jamar®, Missouri, USA). Esta evaluación según se lleva a cabo con el paciente en posición bípeda, con hombro y antebrazo en posición neutra y codo en 90 grados de flexión. El paciente debe realizar una fuerza de prensión máxima durante 3 segundos, con reposo de 1 minuto entre cada repetición, realizando dos intentos, donde el mejor de ambos fue el que se utilizó para el estudio (Roberts *et al.*, 2011).

Prueba de pararse y sentarse (PPS): El paciente se ubicó sedente en una silla con los brazos cruzados y pegados al pecho. A la orden de “listo ya”, debió pararse y sentarse el mayor número de veces en 30 segundos. (Strassmann *et al.*, 2013).

Prueba de caminata en 6 minutos (PC6m): Se llevó a cabo en un pasillo de 30 metros de largo, libre de tráfico. Según Muñoz *et al.*, (2016), con estímulo constante, se instruyó a los pacientes a recorrer la mayor cantidad de metros posibles durante los seis minutos correspondientes. La disnea y la fatiga de miembros inferiores se categorizaron con la escala modificada de Borg (Borg, 1982). La oximetría de pulso fue medida al inicio y al final de la prueba por un

oxímetro de pulso (Nonin 7500®, Nonin Medical, Minnesota, USA). La distancia recorrida (DR) se registró en metros.

Programa de recuperación funcional

El programa de recuperación funcional (Fig. 1), considera el deterioro de las capacidades que están vinculadas con el reposo prolongado, principalmente aquellas que se concentran en los músculos de acción antigravitatoria, tolerancia a la fatiga y ventilatorios.

Las sesiones de ejercicio se realizaron dos veces por semana durante 3 meses (noviembre del 2020 a enero del 2021). Cada sesión se dividió en 30 minutos de ejercicio aeróbico, 20 minutos de ejercicio de fuerza muscular de miembros superiores e inferiores y 10 minutos de recuperación (Del Valle *et al.*, 2022; Del Valle *et al.*, 2023). Las sesiones fueron dirigidas y supervisadas por un kinesiólogo. Además de esto, el entrenamiento de fuerza muscular inspiratoria se realizó en el hogar de cada paciente (Ferraro *et al.*, 2019). Completando un programa de recuperación funcional de 16 semanas (Fig. 1).

Análisis estadístico: Los resultados se presentan como promedios y desviación estándar. El programa estadístico utilizado fue el STATA 16 (StataCorp. Stata Statistical Software, College Station, TX: StataCorp. LP, USA). Se determinó la normalidad de los datos a través de la prueba de Shapiro-Wilks. Para la comparación del pre y post intervención se utilizó la prueba t Student o Wilcoxon para muestras pareadas. Las correlaciones se establecieron utilizando el coeficiente de Pearson o Spearman, según la normalidad de los datos. Se consideró un nivel de significancia de $p < 0,05$.










Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
 12 minutos	 30 minutos  20 minutos  10 minutos	 12 minutos	 30 minutos  20 minutos  10 minutos	 12 minutos
Hogar	Hospital	Hogar	Hospital	Hogar

Fig. 1. Programa de Recuperación Funcional. Se divide en trabajo presencial los martes y jueves. Y trabajo en el hogar, lunes, miércoles y viernes. Esta rutina se mantuvo por 3 meses, la reestructuración de las cargas se realizaba cada 2 semanas.

RESULTADOS

Se midieron a 50 pacientes, tres no tenían todas las evaluaciones, por lo que se analizaron los resultados de 47 pacientes (27 hombres/20 mujeres). La edad promedio de la muestra fue de 58,42±10,55 años. El índice de masa cor-

poral (IMC) aumentó significativamente ($p=0,008$) de 30,53±4,56 a 31,52±4,10 kg/m² (Tabla I). La CVF aumentó significativamente ($p=0,0016$) de 2,92±0,90 a 3,04±0,87 L. El VEF1 aumentó significativamente ($p=0,003$) de 2,45±0,77 a 2,55±0,74 L. La PIMáx aumentó significativamente ($p<0,0001$) de 61,33±25,65 a 80,21±27,97 -cmH₂O (Tabla I).

Tabla I. Características antropométricas, espirometría y distancia recorrida en pacientes COVID-19 antes y después de un programa de rehabilitación respiratoria.

	Pre Rehabilitación	Post Rehabilitación	Valor p
Edad (años)	58,42±10,55	-	-
Peso (kg)	81,15 ±14,28	84,40±14,87	0,006 ^w
Talla (m)	162,4±8,04	162,4±8,04	-
IMC (kg/m ²)	30,53±4,56	31,52±4,10	0,008 ^t
CVF (L)	2,92±0,90	3,04±0,87	0,0016 ^w
CVF pred (%)	81,96±18,25	86,19±15,50	0,0001 ^t
VEF ₁ (L)	2,45±0,77	2,55±0,74	0,003 ^w
VEF ₁ pred (%)	86,19±21,88	92,02±17,38	0,269 ^w
VEF ₁ /CVF	83,81±6,06	84,04±6,30	<0,0001 ^w
PIMáx (-cm H ₂ O)	61,33±25,65	80,21±27,97	<0,0001 ^w
PC6m (m)	409,0±130,5	507,5±92,52	<0,0001 ^t
PPS (rep/min)	20 (6-32)	25 (12-38)	<0,0001 ^w
FPP derecha (kg)	20,04±7,06	25,15±8,75	<0,0001 ^t
FPP izquierda (kg)	18,02±7,04	22,08±8,64	<0,0001 ^t

kg: kilogramos; L: litros; m: metros; IMC: índice de masa corporal; kg/m²: kilogramos partidos por metros al cuadrado; CVF: capacidad vital forzada; pred: predicho; VEF1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; VEF1/CVF: relación entre el volumen espiratorio forzado en el primer segundo y la capacidad vital forzada; PIMáx: presión inspiratoria máxima; PC6m: prueba de caminata en 6 minutos; PPS: prueba parar y sentarse; FPP: fuerza de prensión palmar; t: t-student; w: wilcoxon.

Tabla II. Relación de los productos de la frecuencia cardiaca y velocidad y distancia recorrida en la Prueba de caminata de 6 minutos antes y después de un programa de rehabilitación respiratoria

		Pre Rehabilitación	Post Rehabilitación
		r	r
CVF	DR (m)	0,475 ^p	0,427 ^p
	PPS (rep/min)	0,205 ^p	0,095 ^p
	FPP der	0,440 ^s	0,432 ^s
	FPP izq	0,343 ^s	0,391 ^s
VEF ₁	DR (m)	0,470 ^p	0,433 ^p
	PPS (rep/min)	0,235 ^p	0,105 ^p
	FPP der	0,442 ^s	0,392 ^s
	FPP izq	0,332 ^s	0,395 ^s
PIMáx	DR (m)	0,499 ^p	0,410 ^p
	PPS (rep/min)	0,364 ^p	0,337 ^p
	FPP der	0,514 ^s	0,477 ^s
	FPP izq	0,448 ^s	0,413 ^s

PRE: previo a rehabilitación respiratoria; POST: posterior a la rehabilitación respiratoria; CVF: capacidad vital forzada; VEF1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; PIMáx: presión inspiratoria máxima; DR: distancia recorrida en la PC6m; PPS: prueba parar y sentarse; FPP: fuerza de prensión palmar; p: r Pearson; s: r Spearman.

La CVF mostró una relación directa y significativa con la DR ($r=0,475$; $p=0,0005$ y $r=0,427$; $p=0,001$, respectivamente) y la FPP derecha ($r=0,440$; $p=0,001$ y $r=0,432$; $p=0,001$) e izquierda ($r=0,343$; $p=0,014$ y $r=0,391$; $p=0,004$) tanto antes como después del programa de RR. El VEF1 mostró una relación directa y significativa con la DR ($r=0,470$; $p=0,0005$ y $r=0,433$; $p=0,001$, respectivamente) y la FPP derecha ($r=0,442$; $p=0,001$ y $r=0,392$; $p=0,004$) e izquierda ($r=0,332$; $p=0,017$ y $r=0,395$; $p=0,004$) tanto antes como después del programa de RR. La PIMáx mostró una relación directa y significativa con la DR ($r=0,499$; $p=0,0002$ y $r=0,410$; $p=0,003$, respectivamente), la PPS ($r=0,364$; $p=0,009$ y $r=0,337$; $p=0,019$, respectivamente) y la FPP derecha ($r=0,514$; $p=0,0001$ y $r=0,477$; $p=0,0006$) e izquierda ($r=0,448$; $p=0,0003$ y $r=0,413$; $p=0,003$) tanto antes como después del programa de RR (Tabla II).

DISCUSIÓN

Las variables monitorizadas después del programa de recuperación funcional, fueron las axiales (PIMáx), apendiculares (fuerza de miembros superiores e inferiores) o mixtas (distancia recorrida), todas se incrementaron posterior al periodo de intervención. Si estimamos

que la capacidad de rendimiento aeróbico expresada en la DR depende tanto de la función ventilatoria como de las condiciones musculares apendiculares, los hallazgos muestran una relación significativa entre la CVF, el VEF1 y la DR, permitiendo especular que el incremento de ~ 98,5 metros, estaría relacionado con la interdependencia que se da entre la participación de los músculos que operan en la capacidad vital y la fuerza apendicular. Complementariamente la fuerza de los músculos inspiratorios (PIMáx), también mostró una relación significativa con la DR, pero además se agregó el rendimiento muscular apendicular a través de la PPS. Si bien la evidencia en enfermedades respiratorias crónicas indica que existe una correlación entre la disminución de la FPP y el deterioro de la función pulmonar, no se han encontrado relaciones claras con la PPS (Kanai *et al.*, 2020; Kim, 2018; Lima *et al.*, 2019) como en el presente estudio (Tabla II).

En la actualidad la relación existente entre función ventilatoria y FPP sigue siendo motivo de estudio. Más en detalle, Kanai *et al.*, (2020) se propusieron determinar qué pruebas podrían predecir el deterioro de la función pulmonar en trabajadores. Estudiaron 475 participantes de edad promedio $48,9 \pm 9,2$ años. Concluyeron que, ser fumador activo, haber sido fumador pasivo en la infancia y tener una FPP disminuida se asocia significativamente al deterioro de la función pulmonar en hombres. Del mismo modo, Chen *et al.* (2020), analizaron la función pulmonar y la FPP, para determinar la existencia de asociación entre ambas variables. Evaluaron a 1519 participantes (59,0% mujeres) de edad promedio $57,9 \pm 13,3$ años. Sus resultados indicaron una relación significativa entre FPP-CVF ($r=0,69$; $p<0,001$) y FPP-VEF1 ($r=0,65$; $p<0,001$). Estos resultados coinciden con los de la presente investigación, en donde se obtuvo una relación significativa entre FPP-CVF y FPP-VEF1, reforzando una especulación que indica el deterioro de la musculatura apendicular en relación al compromiso de la musculatura ventilatoria.

La FPP es un indicador de la capacidad física general, que no solo se limita a evaluar los miembros superiores, sino que también es un buen predictor de morbilidad y mortalidad (Kanai *et al.*, 2020). En este contexto, la atrofia del músculo esquelético y por consiguiente la capacidad de generar fuerza a nivel apendicular, también podría afectar, a contracorriente, a los músculos ventilatorios, disminuyendo así los valores espirométricos (Lima *et al.*, 2019), hecho que refuerza la relación entre CVF-FPP y VEF1-FPP obtenidas en esta investigación.

A diferencia de la actividad de los músculos inspiratorios expresada como PIMáx, los resultados de esta investigación también mostraron que no existe relación sig-

nificativa entre CVF-PPS y VEF1-PPS. Meriem *et al.*, (2015) estudiaron la confiabilidad de la PPS, en comparación a la PC6m, para determinar el estado funcional en pacientes tunecinos con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Para esto, evaluaron a 49 pacientes de edad y VEF1 promedio de $67,06 \pm 8,4$ años y $46,25 \pm 19,64\%$ del predicho, respectivamente. Si bien sus resultados indicaron una correlación estadísticamente significativa entre la DR en la PC6m y la CVF ($r = 0,357$; $p<0,05$), no reportaron asociaciones significativas entre variables espirométricas y la PPS. Si bien, los resultados de este estudio coinciden con los de la presente investigación. Cabe destacar, que a diferencia de la EPOC el COVID-19, ha demostrado cierto grado de reversibilidad espirométrica. Al respecto, Fumagalli *et al.*, (2021) evaluaron la función pulmonar en el momento de la recuperación clínica y 6 semanas después del alta en pacientes sobrevivientes de COVID-19. Sus resultados mostraron alteraciones clínicamente relevantes de carácter restrictivo en 10 de los 13 pacientes al momento del alta hospitalaria, los cuales, 6 semanas después mejoraron, pero con cierto grado de alteración restrictiva. Este retroceso del patrón restrictivo podría explicar la ausencia de relaciones significativas entre CVF-PPS y VEF1-PPS. No así relación observada entre PIMáx-PPS, la cual estaría dando cuenta de un proceso de debilidad muscular generalizado. Si bien la medición de flujos está asociada con características más estructurales de la vía aérea y por tanto con menos posibilidades de adaptación, también existe una consideración que le cabe a la capacidad de recuperación de la musculatura y su incidencia en la modificación sobre aquellas variables dependientes de la PIMáx.

En este contexto a diferencia de la CVF y el VEF1, la PIMáx mostró una relación significativa con la DR, la FPP y la PPS. Al respecto, Giua *et al.*, (2014) evaluaron la relación entre fuerza de los músculos respiratorios y rendimiento físico en una población de 68 adultos mayores (28 hombres y 40 mujeres) de $78,2 \pm 6,1$ años. Sus resultados mostraron una correlación estadísticamente significativa entre PIMáx y la DR en la PC6m ($r=0,43$, $p<0,001$). En complemento, Shin *et al.* (2017) evaluaron la relación de los índices sarcopénicos con la fuerza de los músculos respiratorios en 65 voluntarios mayores de 60 años (30 hombres y 35 mujeres). Sus resultados indicaron la existencia de una correlación significativa entre PIMáx y FPP ($r=0,560$; $p<0,01$), PIMáx y velocidad de la marcha ($r=0,266$; $p<0,01$), PIMáx y la batería corta de rendimiento físico ($r=0,313$; $p<0,01$). Un posible vínculo entre la PIMáx, la DR y la fuerza de los miembros inferiores radica en que los músculos inspiratorios producen gradientes de presión en la caja torácica con el consiguiente intercambio de aire, en condiciones de debilidad muscular respiratoria existiría una disminución del intercambio en la superficie alveolar, hecho

que repercutiría sobre el aporte energético de la musculatura apendicular (Ferraro *et al.*, 2019; González *et al.*, 2020). Además de esto, en el síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2), existe un estado hiperinflamatorio que podría inducir atrofia del músculo esquelético con todas las consecuencias funcionales asociadas (González *et al.*, 2020). La atrofia muscular involucra al músculo diafragma y a los miembros inferiores en el 50% de los pacientes de la UCI, causando complicaciones respiratorias y físicas que pueden permanecer durante años después del alta hospitalaria (Del Valle *et al.*, 2021; González *et al.*, 2020).

De esta manera si se reflexiona en base al análisis de los componentes activos (musculatura) respecto de los pasivos (vías aéreas) y de su contribución a las funciones ventilatorias o de musculatura apendicular, se hace necesario desagregar el detalle que conforma su contribución al rendimiento físico, sobre todo cuando las patologías respiratorias (EPOC, Asma, COVID-19) afectan de forma diferenciada las estructuras que dan soporte a la funcionalidad de las personas.

Esta investigación cuenta con limitaciones que es necesario detallar, si bien se encontraron variadas relaciones significativas, estas son moderadas y bajas lo cual podría estar siendo dependiente del bajo número de participantes. Cabe destacar, que los espacios intra/extrahospitalarios no estaban preparados para recibir la totalidad de los requerimientos que ha demandado la creciente rehabilitación de pacientes COVID-19. Otra limitación atendible es la escasa monitorización de las variables fisiológicas durante la intervención, si bien se consideraron como criterios de inicio y fin de las actividades que lo requerían. Por esta razón, la proyección de esta experiencia nos indica que sería relevante observar las respuestas fisiológicas de los participantes durante los periodos de intervención con el propósito de profundizar en la comprensión de la respuesta del paciente COVID-19 a un programa de recuperación funcional. En conclusión, las pruebas de fuerza muscular apendicular pueden ser útiles para evaluar la recuperación ya que pueden entregar información diferenciada de sus rendimientos. Por último, se necesita más investigación para comprender mejor la respuesta de estos pacientes a la rehabilitación.

DEL VALLE, V. M. F.; DÍAZ, C. C.; DEL SOL, M.; ESCOBAR-CABELLO, M.; VALENZUELA, V. J. & MUÑOZ-COFRÉ, R. Impact of a functional recovery program on ventilatory and appendicular muscles in patients post-mechanical ventilation for COVID-19. *Int. J. Morphol.*, 41(5):1485-1491, 2023.

SUMMARY: Patients with COVID-19 requiring mechanical ventilation (MV) evolve with functional consequences

in the ventilatory and appendicular muscles that are not necessarily addressed in a differentiated manner. The objective of this research was to evaluate the impact of a functional recovery program in these patients and determine if the interventions differentially affect ventilatory functions and appendicular muscles, using low-cost tests. 47 patients with COVID-19 who were on MV were evaluated. After a baseline spirometry, they were performed; maximum inspiratory pressure (MIP), handgrip strength (HGS), sit to stand test (STST) and 6-minute walk test (6MWT), before and after the intervention plan. This program included supervised aerobic and strength exercises for two weekly 60-minute sessions for 3 months. After the program, significant improvements were observed in forced vital capacity (FVC), expiratory volume in the first second (FEV1) and MIP. Significant relationships were found between these measurements and the distance traveled of the 6MWT, the HGS and the STST. In conclusion, the functional recovery program in patients with COVID-19 who required MV benefits both ventilatory function and appendicular muscle strength. Appendicular muscle strength tests can be useful to evaluate recovery since they can provide differentiated information about your performances. Finally, more research is needed to better understand the response of these patients to rehabilitation.

KEY WORDS: Functional recovery; COVID-19; Pulmonary function.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, R.; Del Valle, M. F.; Cordero, P.; del Sol, M.; Lizana, P. A.; Gutiérrez, J.; Valenzuela, J. & Muñoz-Cofré, R. Shoulder Pain in COVID-19 Survivors Following Mechanical Ventilation. *Int. J. Environ. Res. Public Health.*, 18(19):10434, 2021.
- American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 166(4):518-624, 2002.
- Borg, G. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 14(5):377-81, 1982.
- Chen, L.; Liu, X.; Wang, Q.; Jia, L.; Song, K.; Nie, S.; Zhang, Y.; Cao, D.; Zhao, D.; Li, Z.; Dong, Z.; Zheng, Y.; Duan, S.; Sun, X.; Feng, Z.; Cai, G.; Zhang, W. & Chen, X. Better pulmonary function is associated with greater handgrip strength in a healthy Chinese Han population. *BMC Pulm. Med.*, 20(1):114, 2020.
- Daher, A.; Balfanz, P.; Cornelissen, C.; Müller, A.; Bergs, I.; Marx, N.; Müller-Wieland, D.; Hartmann, B.; Dreher, M. & Müller, T. Follow up of patients with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19): Pulmonary and extrapulmonary disease sequelae. *Respir. Med.*, 174:106197, 2020.
- Del Valle, M. F.; Valenzuela, J.; Godoy, L.; del Sol, M.; Lizana, P. A.; Escobar-Cabello, M. & Muñoz-Cofré, R. Letter from Chile. *Respirology.*, 27(2):173-4, 2022.
- Del Valle, M. F.; Valenzuela, J.; Marzuca-Nassr, G. N.; Cabrera-Inostroza, C.; del Sol, M.; Lizana, P. A.; Escobar-Cabello, M. & Muñoz-Cofré, R. Eight Weeks of Supervised Pulmonary Rehabilitation Are Effective in Improving Resting Heart Rate and Heart Rate Recovery in Severe COVID-19 Patient Survivors of Mechanical Ventilation. *Medicina (Kaunas)*, 58(4):514, 2022.
- Del Valle, M. F.; Valenzuela, J.; Marzuca-Nassr, G. N.; Godoy, L.; del Sol, M.; Lizana, P. A.; Escobar-Cabello, M. & Muñoz-Cofré, R. Use of the speed achieved on the 6MWT for programming aerobic training in patients recovering from severe COVID-19: an observational study. *Ann. Med.*, 55(1):889-97, 2023.

- Ferraro, F. V.; Gavin, J.P.; Wainwright, T. & McConnell, A. The effects of 8 weeks of inspiratory muscle training on the balance of healthy older adults: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Physiol. Rep.*, 7(9):e14076, 2019.
- Fumagalli, A.; Misuraca, C.; Bianchi, A.; Borsa, N.; Limonta, S.; Maggiolini, S.; Bonardi, D. R.; Corsonello, A.; Di Rosa, M.; Soraci, L.; Lattanzio, F. & Colombo, D. Pulmonary function in patients surviving to COVID-19 pneumonia. *Infection.*, 49(1):153-7, 2021.
- Graham, B. L.; Steenbruggen, I.; Miller, M.R.; Barjaktarevic, I.Z.; Cooper, B. G.; Hall, G.L.; Hallstrand, T. S.; Kaminsky, D. A.; McCarthy, K.; McCormack, M. C.; Oropez, C. E.; Rosenfeld, M.; Stanojevic, S.; Swanney, M. P. & Thompson, B.R. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 200(8):e70-e88, 2019.
- Giua, R.; Pedone, C.; Scarlata, S.; Carrozzo, I.; Rossi, F. F.; Valiani, V. & Incalzi, R. A. Relationship between respiratory muscle strength and physical performance in elderly hospitalized patients. *Rejuvenation Res.*, 17(4):366-71, 2014.
- González, A.; Orozco-Aguilar, J.; Achiardi, O.; Simon, F.; Cabello-Verrugio, C. SARS-CoV-2/Renin-Angiotensin System: Deciphering the Clues for a Couple with Potentially Harmful Effects on Skeletal Muscle. *Int. J. Mol. Sci.*, 21:7904, 2020.
- Horton, R. Offline: COVID-19 is not a pandemic. *Lancet (London, England)*, 396(10255):874, 2020.
- Kanai, M.; Kanai, O.; Fujita, K.; Mio, T. & Ito, M. Decreased handgrip strength can predict lung function impairment in male workers: a cross sectional study. *BMC Pulm. Med.*, 20(1):97, 2020.
- Kim, N. S. Correlation between grip strength and pulmonary function and respiratory muscle strength in stroke patients over 50 years of age. *J. Exerc. Rehabil.*, 14(6):1017-23, 2018.
- Lima, T. R. L.; Almeida, V. P.; Ferreira, A. S.; Guimarães, F. S. & Lopes, A.J. Handgrip Strength and Pulmonary Disease in the Elderly: What is the Link? *Aging Dis.*, 10(5):1109-29, 2019.
- Mandal, S.; Barnett, J.; Brill, S.E.; Brown, J. S.; Denny, E. K.; Hare, S. S.; Heightman, M.; Hillman, T. E.; Jacob, J.; Jarvis, H. C.; Lipman, M. C. I.; Naidu, S. B.; Nair, A.; Porter, J. C.; Tomlinson, G. S.; Hurst, J. R. & ARC Study Group. 'Long-COVID': a cross-sectional study of persisting symptoms, biomarker and imaging abnormalities following hospitalisation for COVID-19. *Thorax.*, 76(4):396-98, 2021.
- Meriem, M.; Cherif, J.; Toujani, S.; Ouahchi, Y.; Hmida, A. B. & Beji, M. Sit-to-stand test and 6-min walking test correlation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Ann. Thorac. Med.*, 10(4):269-73, 2015.
- Ministerio de Salud (MINSAL). *120° informe epidemiológico enfermedad por COVID-19 Departamento de Epidemiología*. <https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2021/05/Informe-Epidemiolo%CC%81gico-120.pdf>. [obtenido 19 de mayo del 2021].
- Muñoz, R.; Medina, P. & Escobar, M. Análisis del comportamiento temporal de variables fisiológicas y de esfuerzo en sujetos instruidos en la Prueba de Caminata en 6 minutos: Complemento a la norma ATS. *Fisioterapia.*, 38(1):20-7, 2016.
- Roberts, H. C.; Denison, H. J.; Martin, H. J.; Patel, H. P.; Syddall, H.; Cooper, C. & Sayer, A. A Review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: Towards A standardised approach. *Age Ageing.*, 40(4):423-29, 2011.
- Shin, H. I.; Kim, D. K.; Seo, K. M.; Kang, S. H.; Lee, S. Y. & Son, S. Relation Between Respiratory Muscle Strength and Skeletal Muscle Mass and Hand Grip Strength in the Healthy Elderly. *Ann. Rehabil. Med.*, 41(4):686-92, 2017.
- Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias. *Recomendación sobre pruebas de función pulmonar durante la pandemia por*. https://serchile.cl/site/docs/recomendacion_PFT.pdf. [obtenido 01 de junio de 2021].
- Spruit, M. A.; Holland, A. E.; Singh, S. J.; Tonia, T.; Wilson, K.C. & Troosters, T. COVID-19: Interim Guidance on Rehabilitation in the Hospital and Post-Hospital Phase from a European Respiratory Society and American Thoracic Society-coordinated International Task Force. *Eur. Respir. J.*, 56(6):2002197, 2020.
- Strassmann, A.; Steurer-Stey, C.; Lana, K. D.; Zoller, M.; Turk, A. J.; Suter, P. & Puhon, M. A. Population-based reference values for the 1-min sit-to-stand test. *Int. J. Public. Health.*, 58:949-53, 2013.
- Wang, T. J.; Chau, B.; Lui, M.; Lam, G. T.; Lin, N. & Humbert, S. Physical Medicine and Rehabilitation and Pulmonary Rehabilitation for COVID-19. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, 99(9):769-74, 2020.
- WHO. <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019>. [obtenido 19 de mayo del 2021].

Dirección para correspondencia
Rodrigo Muñoz Cofré
Avenida Francisco Salazar 1145
Temuco
CHILE

E-mail: rodrigomunozcofre@gmail.com