

**TESINA**

Presentada para acceder al título de grado de la carrera de

**Ciclo de Complementación Curricular de LICENCIATURA EN  
ACTIVIDAD FÍSICA**

**Título:**

**“RELACIÓN SÍNDROME METABÓLICO Y COVID-19”**

**Autores:**

**Papini Franco Alberto, DNI 29093628**

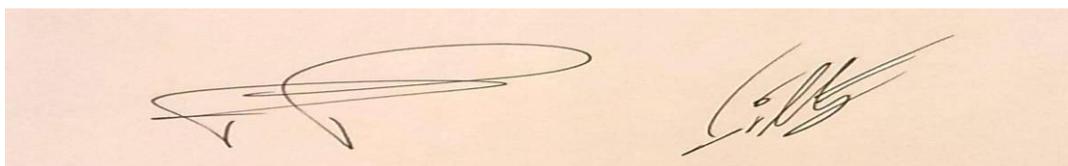
**Villafañe Darío, DNI 32972502**

**Director:**

**Lic. Sánchez, Sebastián**

**Fecha de Presentación: 13/10/2022**

**Firma de los Autores**



## **Agradecimientos**

Agradecemos la participación de la Lic. Melina Comba, que nos brindó su colaboración y todo su profesionalismo desde el área de nutrición; A Laura Vollertsen y a Carolina Cejas, solo ellas saben lo agradecidos que estamos por la confianza y el nivel de entrega personal para colaborar con nuestra intervención; al profesor Sebastián Sánchez (nuestro Director de Tesina), al profesor Mario Di Santo, al Dr. Raúl Comín, al Doctor Mario Belardis, al profesor Pablo Guzmán, a la Lic. Sonia Polidori, a nuestros queridos profesores de UGR (Universidad Gran Rosario) en especial al profesor Martín Santi; también un agradecimiento especial a Clarisa Mildenberger; a Jimena Bracamonte por sus aportes y su predisposición, al CES Centro de Entrenamiento Saludable, al ATLAS: Centro de Entrenamiento Integral, y finalmente un agradecimiento infinito a nuestras familias, que sin dudas fueron quienes nos alentaron y nos dieron su apoyo incondicional para estar hoy aquí, viviendo esta experiencia aun en tiempos de pandemia...

## **RESUMEN**

**Introducción:** En el año 2019 se dio a conocer en China un nuevo virus causante de la enfermedad SARS-CoV-2 denominado COVID-19. Uno de los componentes sistémicos más afectados por este virus en el organismo es el endotelio, este tejido es el encargado de mantener la homeostasis, ya que recubre las paredes vasculares del cuerpo. La inflamación y disfuncionalización del endotelio puede causar numerosas patologías, tanto cardíacas como hematológicas, pulmonares, neuronales, musculoesqueléticas, entre otros.

Además, cabe aclarar que aquellas personas que padecen síndrome metabólico presentan un mayor riesgo de mortalidad, ya que sus indicadores se relacionan con el disfuncionamiento endotelial a causa de, por ejemplo, la diabetes, la hipertensión, la hipercolesterolemia, estados trombóticos, etc.

**Objetivos:** Evaluar si un plan de entrenamiento físico que demostró ser eficaz en personas con síndrome metabólico sería efectivo en dos personas recuperadas de COVID-19.

**Métodos:** En primer lugar, se seleccionaron dos individuos femeninos de un rango etario de 35 a 40 años que hayan padecido la enfermedad del COVID-19. Luego, se evaluaron sus capacidades físicas mediante el test "1RM" Adaptado (Fuerza) y el Test de Harvard (Resistencia), y sus características morfológicas mediante mediciones antropométricas (6 componentes). Además, se realizó una planificación de 8 semanas de entrenamiento de la fuerza hipertrofia y la resistencia aeróbica mediante el método HIIT (entrenamiento intervalado de alta intensidad).

**Resultados:** Después de la intervención práctica desarrollada en el lapso de 8 semanas se observa una evolución favorable en ambos casos, tanto en las evaluaciones antropométricas, como en las capacidades de fuerza y resistencia aeróbica, resultando ser más significativos los cambios obtenidos a nivel de capacidades que en la composición corporal.

**Conclusión:** el objetivo de esta investigación fue alcanzado con éxito, mostrando indicadores que se pueden llevar a la práctica en los centros de salud y de entrenamiento, siempre que se empleen protocolos adaptados, se evidencia una mejoría en la calidad de vida y, por consiguiente, se ofrece un aporte para contrarrestar los efectos del COVID-19.

## **ÍNDICE:**

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
II.a Objetivo General	3
II.b Objetivos Específicos	3
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>4</b>
III.a COVID-19	4
III.b Síndrome Metabólico	6
III.c Endotelio	9
III.d. COVID-19, Síndrome Metabólico y Disfunción Endotelial	10
III.e HIIT	11
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>15</b>
<b>MÉTODOS</b>	<b>17</b>
V.a Tipo de trabajo	17
V.b Muestra	17
V.c Medición	20
V.d Instrumentos de Medición	20
V.e Descripción de los procedimientos	21
<b>RESULTADOS</b>	<b>32</b>

<b>DISCUSIÓN</b>	42
<b>CONCLUSIÓN</b>	44
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	45
<b>ANEXO</b>	51
X.a Imágenes de los instrumentos utilizados para realizar las evaluaciones	51
X.b Cálculos de las Frecuencias Cardíacas Objetivo	54

## **I INTRODUCCIÓN:**

A finales del 2019 se dio a conocer un nuevo virus que azotó terriblemente la salud de la población mundial, causante del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2) llamado COVID-19. Si bien toda la población puede contagiarse, quienes principalmente se ven afectados son quienes padecen Síndrome Metabólico. Así lo indican investigaciones recientes llevadas a cabo en el Reino Unido que demuestran que los pacientes que sufren de estas patologías tienen mayor susceptibilidad a la infección por SARS-CoV-2. Se comprobó que la enzima convertidora de angiotensina (ACE 2) es el receptor de entrada de la célula mencionada <sup>1</sup>.

La angiotensina II es la encargada de regular la hipertrofia e hiperplasia, la migración de células vasculares y la expresión de genes proinflamatorios. Se ha descrito que la angiotensina II es una de las responsables de la patogenia de muchas enfermedades como la hipertensión, enfermedades cardiovasculares y enfermedades renales<sup>2</sup>. Cabe destacar que tiene íntima relación con la disfunción del endotelio, tejido encargado de la homeostasis vascular ya que recubre internamente las paredes de todo el sistema circulatorio. Esta disfunción se caracteriza por una alteración fenotípica y funcional que desencadena una serie de estados proinflamatorios, prooxidantes, proliferativos y procoagulantes, produciendo en menor medida óxido nítrico (NO), disminuyendo su disponibilidad para las funciones sistémicas. El NO es el principal factor relajante ya que se opone a la lesión vascular y al desarrollo de patologías a través de sus efectos antiagregante e inhibidor de los fenómenos inflamatorios<sup>3</sup>.

Desde el área de la actividad física adaptada y el entrenamiento, se están buscando permanentemente estrategias para poder refuncionalizar al endotelio afectado por estas enfermedades. Si bien existen distintos métodos de entrenamiento, se apunta a la incorporación de nuevas técnicas para que la readaptación física de los afectados sea lo más eficiente y eficaz posible<sup>4</sup>.

El ejercicio físico fue asociado a la optimización de la función endotelial, ya que mejora la relajación del endotelio en respuesta de la infusión de acetilcolina que es un vasodilatador dependiente de este<sup>4</sup>.

Desde hace unos años, se está aplicando en el ámbito de las ciencias del ejercicio a pacientes con síndrome metabólico un protocolo de entrenamiento donde,

aparentemente, el índice de efectividad es alto y los resultados son muy positivos. Se trata de un programa de ejercicios donde el paciente alcanza un aumento de masa muscular (hipertrofia) en primera instancia, cuyo objetivo es acelerar el metabolismo basal por el gasto calórico que se produce en reposo, y una sesión de HIIT (High Intensity Interval Training) de 21 minutos cuyo fin es aumentar la acidosis sistémica por el incremento de la frecuencia cardiopulmonar y, posteriormente, un consumo lipídico para normalizar el pH sanguíneo, ayudando a la disminución de la grasa subcutánea y abdominal<sup>5,6,7,8</sup>.

El trabajo de hipertrofia tiene por objeto la utilización del músculo como elevador de la tasa metabólica de reposo y un sostén estructural y funcional para el entrenamiento por intervalos de intensidad alta (correspondiente a las capacidades físicas individuales de los sujetos)<sup>9</sup>.

La utilización del método de intervalos se basó en los beneficios que este entrenamiento tiene para el logro de los objetivos de disminución de peso en menor tiempo que el demandado por el ejercicio aeróbico continuo. Las intensidades son aún mayores que este último y la aceleración metabólica es mucho más eficiente para la disminución del peso corporal por la pérdida de la masa grasa, la cual es disfuncional para el organismo y desencadena procesos inflamatorios sistémicos determinantes<sup>10</sup>.

A partir de lo expresado y estableciendo relaciones con la inflamación sistémica del endotelio, causada tanto por el síndrome metabólico como por las secuelas propias de la enfermedad que causa el COVID-19, este trabajo de investigación tiene por objetivo evaluar si el protocolo de refuncionalización sistémica de los pacientes que sufren la patología mencionada en primera medida a través del entrenamiento de readaptación física funcional, se puede desarrollar y obtener resultados favorables en ciertos parámetros de estudio en individuos que hayan transitado el SARS-CoV-2 por el virus antes citado.

## **II OBJETIVOS:**

### **II.a. OBJETIVO GENERAL:**

- Evaluar si un plan de entrenamiento físico que demostró ser eficaz en personas con síndrome metabólico sería efectivo en dos personas recuperadas de COVID-19.

### **II.b. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Realizar una búsqueda de personas que cumplan con el perfil que se necesita para el desarrollo de esta investigación teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión descritos en el anteproyecto.
- Realizar evaluaciones periódicas de los parámetros seleccionados (Parámetros Antropométricos, Parámetros Cardiovasculares, Resistencia Aeróbica, Parámetros de Fuerza) y comparar las variables de interés pre y post intervención.

### **III. MARCO TEÓRICO:**

#### **III.a. COVID-19**

El COVID-19 no solo puede presentar síntomas respiratorios prolongados, sino también alteraciones hematológicas, cardíacas y neurológicas que afectan considerablemente la calidad de vida del paciente. Cabe destacar que los síntomas extrapulmonares que más prevalecen expresados por pacientes recuperados de COVID-19 pueden enumerarse de la siguiente manera: malestar y fatiga, disnea, dolor torácico inespecífico, taquicardia, insomnio y tos<sup>11</sup>.

A continuación, profundizaremos algunas manifestaciones secuelas de pacientes que superaron la fase aguda de esta enfermedad:

##### **Manifestaciones hematológicas:**

- Se puede encontrar una marcada linfopenia, afectando tanto linfocitos T CD4+ como CD8+, agravando la enfermedad.
- Puede existir trombocitopenia, debido a un aumento de la trombopoyetina por inflamación pulmonar, elevando el recuento de plaquetas.
- Puede manifestarse clínicamente el tromboembolismo venoso, favorecido por la inmovilidad del paciente en la cama, o por condiciones preexistentes como la hipertensión arterial, diabetes, enfermedad renal, factores genéticos, etc.
- También puede aparecer la trombosis microvascular, frecuentemente en los pulmones.
- Estos dos últimos favorecen la aparición de accidentes cerebrovasculares (ACV), tromboembolismo pulmonar agudo (TEPA), infarto en el miocardio y otros eventos de gravedad<sup>12</sup>.

##### **Manifestaciones Cardíacas:**

- El daño en el miocardio con elevación de biomarcadores se da en el 30% de los pacientes hospitalizados (el 50% de ellos ya presenta alteraciones cardíacas previas).
- Un tercio de los pacientes críticos puede presentar cardiopatías biventriculares.
- El 17% puede presentar fibrilación auricular, bloqueos cardíacos y arritmias

ventriculares.

- En un estudio a 100 pacientes se encontró un crecimiento ventricular izquierdo y menor fracción de eyección. Mientras que 78 mostraron edema miocárdico e inflamación y 71 niveles elevados de troponina T de alta sensibilidad. Todo indica que tanto en pacientes con enfermedad leve como moderada sufren lesión en el miocardio<sup>13</sup>.

#### Manifestaciones Neurológicas:

Se han relacionado múltiples alteraciones neurológicas tanto leves (mareos, mialgias, anosmia y ageusia, cefalea) como graves (alteraciones de conciencia, ictus, convulsiones, meningoencefalitis, síndrome de Guillain-Barré, etc.) con el COVID-19, pero sus fisiopatologías no están del todo claras<sup>14</sup>.

Se supone que el SARS-CoV-2 puede actuar sobre el Sistema Nervioso tanto Central como Periférico bajo tres mecanismos:

- A través de la lámina cribosa del etmoides, desde el epitelio nasal hasta el nervio olfatorio<sup>14</sup>.
- Transporte axonal y transferencia transináptica del virus desde nervios periféricos hasta el SNC<sup>14</sup>.
- Diseminación hematógica o linfática.

De todas maneras, se postula que las alteraciones neurológicas no son causa directa del COVID-19 sino de alteraciones sistémicas causadas por estados inflamatorios e hipercoagulabilidad<sup>14</sup>.

Otro cuadro frecuente, más común en pacientes recuperados de COVID-19 grave y en edades avanzadas, es la llamada “Niebla Mental”. No obstante, también puede aparecer en pacientes con cuadro leve a moderado. Algunos indicadores de esta secuela son fatiga, inatención, dificultad para concentrarse, problemas para trabajar muchas horas y dificultad en planificar algo, entre otras<sup>14</sup>.

#### Manifestaciones Endocrinológicas:

En la fase aguda, pueden manifestarse alteraciones en el metabolismo de la glucosa, hiperglucemia y cetoacidosis de inicio, desencadenando un cuadro de diabetes a largo plazo, aun sin haber tenido esta última previamente<sup>15</sup>.

### Manifestaciones Renales:

Pueden aparecer alteraciones electrolíticas, proteinuria, hematuria y acidosis metabólica debido a un cuadro renal agudo, desencadenado por infecciones graves de COVID-19, todo puede conllevar a una insuficiencia renal crónica, causada por daño glomerular permanente y una intensa albuminuria a largo plazo<sup>16</sup>.

### Manifestaciones Musculoesqueléticas:

Las alteraciones osteo-artro-muscular pueden provenir de diferentes factores:

- Por efecto directo del SARS-CoV-2 en las células musculares y nerviosas por las alteraciones sistémicas<sup>17</sup>.
- Por la inmovilidad prolongada del paciente en reposo, generando una atrofia muscular por desacondicionamiento físico llevando a una sarcopenia<sup>17</sup>.
- Por efecto directo de la aplicación de corticoides generando miopatía corticoidea<sup>17</sup>.

Todo esto desencadena un potencial estado de dolor crónico en los pacientes recuperados de estas patologías<sup>17</sup>.

### **III.b. SÍNDROME METABÓLICO**

Se conoce al síndrome metabólico (en adelante SM) como el conjunto de patologías no transmisibles que están relacionadas a factores de riesgo cardiovasculares asociados directamente con la insulinoresistencia. De la misma manera, el SM es un estado de desorden clínico que se presenta por la obesidad abdominal, dislipidemia, hipertensión y resistencia a la insulina, generando un bajo grado de inflamación con efectos sistémicos profundos, incrementando el riesgo de diabetes mellitus tipo 2 y de enfermedad cardiovascular<sup>18</sup>.

A continuación, describiremos brevemente cada una de las patologías mencionadas:

### OBESIDAD:

Se entiende por obesidad al desbalance energético producido por el exceso de ingesta de alimentos que en consecuencia genera un aumento del número de adipocitos para poder adaptarse a esta acumulación. Dicho proceso se llama “hiperplasia adipocitaria”, una vez que llega a su límite se produce un aumento del tamaño del adipocito ocasionando una respuesta inflamatoria<sup>18,19,20</sup>.

Asimismo, la hipertrofia origina adipocitos disfuncionales y una acumulación de macrófagos, esta combinación aumenta la producción de adipoquinas inflamatorias propagándose como una inflamación sistémica crónica. Dicha inflamación lleva a la acumulación lipídica ectópica en otros órganos (hígado, páncreas, músculos esqueléticos, etc.), originando la insulinoresistencia por la incapacidad de dichos órganos de acumular grasa sin una alteración funcional<sup>18,19,20</sup>

### DISLIPIDEMIA:

La dislipidemia se caracteriza por el aumento de triglicéridos, ácidos grasos libres, partículas de LDL y disminución del colesterol HDL<sup>18,19,20</sup>.

El aumento de los ácidos grasos libres causa una acumulación de grasas en el hígado, el corazón, el páncreas y los músculos esqueléticos, entre otros. Por su parte, el hígado afectado secreta más partículas de VLDL (Lipoproteínas De Muy Baja Densidad) aumentando el nivel de triglicéridos. Por esto se relaciona fuertemente con la insulinoresistencia, que ocasiona una baja en la actividad de la enzima lipoproteinlipasa, disminuyendo el aclaramiento de los VLDL y quilomicrones llevando a una hipertrigliceridemia<sup>18,19,20</sup>.

### HIPERTENSIÓN:

Tanto la hiperglucemia como la hiperinsulinemia activan el sistema renina-angiotensina (RAS) desarrollando la hipertensión ya que la angiotensina II (aumentada por la RAS) modula la presión sanguínea. Estos dos estados se presentan en la insulinoresistencia y la obesidad<sup>18,19,20</sup>.

La elevación de la presión arterial está dada por la combinación de la actividad simpática y la reabsorción de sodio, producto de la resistencia a la insulina compensando la hiperinsulinemia<sup>18,19,20</sup>.

La angiotensina II, que es sintetizada por el RAS gracias a las enzimas que aportan los adipocitos, reduce la utilización de la glucosa y la sensibilidad a la insulina, incrementando la resistencia a esta última en el tejido adiposo y el músculo esquelético<sup>18,19,20</sup>.

### INSULINORRESISTENCIA

La acumulación de lípidos en distintos órganos, causados por la obesidad o estado de inflamación crónica, lleva a obtener una menor respuesta de los tejidos insulino dependientes ante la presencia de la insulina, de este modo se genera la insulinoresistencia (en adelante IR)<sup>18,19,20</sup>.

Sumado a esto, la lipotoxicidad dentro de la célula altera su funcionamiento llevando potencialmente a una apoptosis y disfuncionaliza, principalmente, a las mitocondrias y el retículo endoplasmático, entre otras organelas<sup>18,19,20</sup>.

### HIPERGLUCEMIA

El músculo esquelético es el principal tejido que, por acción de la insulina, capta la glucosa para su contracción, todo en condiciones normales. Cuando se presenta un estado de IR, esta captación carece de efectividad porque aumenta el nivel de glucosa en la sangre (hiperglucemia)<sup>18,19,20</sup>

A esto se le suma la producción y liberación de glucosa por parte del hígado, ya que, por la IR, este órgano no es capaz de inhibir la gluconeogénesis<sup>18,19,20</sup>.

También se la relaciona a esta hiperglucemia con la pérdida de la capacidad de secreción de insulina (50%-80% de pérdida)<sup>18,19,20</sup>.

### ESTADO PROTROMBÓTICO

El estado protrombótico es el resultado de alteraciones de las vías intrínsecas y extrínsecas de la coagulación, la fibrinólisis y la función plaquetaria, llevando a una tendencia trombótica, ya que se aumentan los niveles de factor VIII, fibrinógenos, Von Willebrand y Factor tisular amplificando esta tendencia<sup>18,19,20</sup>.

El riesgo de trombosis está íntimamente relacionado con el peso por lo que una disminución de la IR periférica reducirá este riesgo<sup>18,19,20</sup>.

### **III.c. ENDOTELIO**

El endotelio es una monocapa de células endoteliales que forman las paredes del sistema circulatorio (Vena, arterias y vasos). Tienen un importantísimo papel en la homeostasis (equilibrio) entre estados vasodilatadores, antiinflamatorio, antioxidante antitrombótico y estados vasoconstrictores, proinflamatorios, prooxidantes, protrombóticos. Su disfunción es la causante de aterosclerosis, desórdenes vasculares y enfermedades crónicas<sup>21</sup>.

También, el endotelio estructura la superficie interna de los vasos sanguíneos y puede clasificarse en continuo, subdividido en fenestrado (poroso), que se encuentra en órganos involucrados en filtración y secreción, y no fenestrado. Por otro lado, puede ser discontinuo y se encuentra en los lechos vasculares sinusoidales como en el hígado<sup>21</sup>.

Entre sus funciones se encuentran:

- La síntesis de sustancias vasoactivas, que regulan el tono vascular, la presión sanguínea y el flujo sanguíneo local. También se encarga de sintetizar sustancias que participan en la coagulación, fibrinólisis, reacciones inflamatorias y reacciones inmunológicas<sup>21</sup>.
- Está involucrada en la oxidación y nitrosilación de proteínas y lípidos<sup>21</sup>.
- La regulación del flujo sanguíneo sistémico y perfusión tisular por medio de cambios del diámetro de los vasos y tonos vasculares<sup>21</sup>.
- Ser barrera selectiva, controlando el movimiento de fluidos, iones y macromoléculas en la circulación sanguínea y tejidos adyacentes<sup>21</sup>.
- Finalmente, la regulación, el reclutamiento y extravasación de leucocitos en respuesta del daño tisular a través de la expresión de moléculas de adhesión y citoquinas<sup>21</sup>.

Cabe resaltar que la disfunción endotelial se caracteriza por el aumento del estrés oxidativo, la disminución de la biodisponibilidad del óxido nítrico, el aumento de los factores protrombóticos y proinflamatorios y por una vasorreactividad aumentada. Esto conlleva a un estado proinflamatorio, proliferativo, prooxidante, procoagulante, prevaleciendo así el estado vasoconstrictor, alterando el tono y fluidez vascular. Este estado es facilitado por diversos factores de riesgo como son el envejecimiento, la dislipidemia, la hipertensión, la hiperglucemia y la diabetes (aspectos que

intrínsecamente se relacionan con los estados que determinan si una persona padece síndrome metabólico)<sup>21</sup>.

### **III.d. COVID-19, SÍNDROME METABÓLICO Y DISFUNCIÓN ENDOTELIAL**

El daño endotelial producido se debe a la introducción del SARS-CoV-2 a través de los receptores de la enzima convertidora de angiotensina II. Estos receptores están presentes a nivel del epitelio, tanto en los alvéolos como en distintos órganos del sistema. Utilizando una de sus proteínas (Proteína “S” o Spike), el virus invade directamente el endotelio, inflamando y produciendo así una acumulación de células inflamatorias, para luego desencadenar apoptosis (muerte celular inflamatoria) y piroptosis (muerte celular programada de naturaleza fisiológica). La disfunción circulatoria que produce esta cascada de fenómenos es la base de las secuelas clínicas de tipo vasculares sistémicas (corazón, cerebro, riñón, aparato digestivo, entre otros.)<sup>22,23</sup>.

Fisiopatológicamente, un endotelio disfuncional por causas como el síndrome metabólico, envejecimiento y otras enfermedades no transmisibles podría ser el responsable de una tórpida evolución de recuperación <sup>22,23</sup>.

Se describe que la respuesta inflamatoria sistémica, la disfunción endotelial, la tormenta de citocinas y los cambios hemodinámicos asociados a la enfermedad, pueden, en pacientes susceptibles, favorecer la desestabilización o ruptura de la placa aterosclerótica, estadio superior de la lesión endotelial. Todo ello contribuiría a la alta incidencia de enfermedad tromboembólica venosa en pacientes con COVID-19, donde la disfunción endotelial y el estado procoagulante estarían favorecidos por la inflamación vascular<sup>22,23</sup>.

Algunos autores consideran que existe una relación directa entre enfermedad cardiovascular (ECV) preexistente y el desarrollo de formas graves de presentación del COVID-19: neumonía, síndrome de distrés respiratorio del adulto, shock cardiogénico, lesión miocárdica, miocarditis, arritmias graves y síndrome coronario agudo; así como de un aumento de la tasa de mortalidad en pacientes con antecedentes patológicos personales ya descritos<sup>22,23</sup>.

Estos mismos antecedentes (salvo la edad) contribuyen *per se* al desarrollo de complicaciones neurológicas graves<sup>22,23</sup>.

Con el desarrollo de la enfermedad, estos y otros mecanismos como la tormenta de citoquinas, se convierten en procesos de autoagresión. Sin embargo, a nivel sistémico, han sido descritos eventos inmunológicos para otros tipos de infección por coronavirus, en los cuales la creación de anticuerpos aporta más perjuicios que beneficios<sup>22,23</sup>.

En los años 2002 y 2003, un coronavirus causado por un evento de SARS afectó también a las células epiteliales y endoteliales a causa de estos anticuerpos, sin embargo, no constituyó una pandemia de la índole como la actual. Es muy probable que este evento esté muy relacionado con los efectos que causa el COVID-19<sup>22,23</sup>.

### **III.e. HIIT (High intensity interval training)**

Traducido del inglés: Entrenamiento Intervalado de Alta Intensidad.

El HIIT produce iguales o mayores ganancias cardiometabólicas en el corto plazo en comparación al ejercicio aeróbico continuo, presentando una percepción del esfuerzo menor, menores niveles de catecolaminas plasmáticas y aumentos en las concentraciones de lactato en sangre. Se ha demostrado además que el HIIT reduce el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares en adultos mayores sanos. Incluso con protocolos de una sola sesión de HIIT a la semana, es suficiente para reducir el riesgo de muerte por enfermedades cardiovasculares en hombres y mujeres, comparado con sujetos que no realizan ejercicio<sup>24</sup>.

El principal objetivo del HIIT es la mejora del  $VO_{2m\acute{a}x}$  y por extensión la progresión de la VAM (velocidad aeróbica máxima) y de la PAM (potencia aeróbica máxima)<sup>24</sup>.

El HIIT se desarrolla en la fase de inestabilidad metabólica (fase 3) una vez superado el máximo umbral ventilatorio (máximo estado estable del lactato). En esta fase se alcanzará el  $VO_{2m\acute{a}x}$ , rango de intensidad ideal para mejorar la potencia aeróbica<sup>24</sup>.

Las respuestas fisiológicas con el método HIIT en los distintos sistemas son:

### Sistema Neuromuscular:

Al transcurrir en la fase 3, este sistema se activa a niveles máximos de manera progresiva, desarrollando un reclutamiento de las fibras tipo IIX que se unen a la actividad de las fibras tipo I y IIA que ya estaban trabajando en las fases anteriores (Fase aeróbica y fase aeróbica-anaeróbica)<sup>24</sup>.

La activación de todas las unidades motoras posibles, incluyendo las de contracción más rápida, permiten generar mayor tensión muscular<sup>24</sup>.

Las fibras tipo IIX se caracterizan por contracciones rápidas por: la alta actividad de ATPasa, el bajo tiempo de actividad por el alto contenido de almacenes de glucógeno, la baja resistencia a la fatiga y la baja concentración de mioglobina por los pocos capilares que posee por fibra<sup>24</sup>.

Vale decir que el entrenamiento en fase 3 va a producir una elevación de la acidosis en el sistema, llevando el pH sanguíneo hasta 7 (pH normal en sangre es 7,4) y el muscular hasta 6,4, y, por consiguiente, a una fatiga muscular. Por esta razón es que se utilizan los entrenamientos interválicos para mejorar las capacidades funcionales del umbral aeróbico y el  $VO_{2\text{ máx}}$ .<sup>24</sup>.

### Sistema Neuroendocrino:

En la fase de inestabilidad metabólica (Fase 3) se alcanza una considerable estimulación simpático adrenal, la cual como consecuencia inmediata va a provocar una elevación progresiva de la concentración de catecolaminas circulantes. Desde un punto de vista práctico la mayor estimulación adrenal será alcanzada durante la repetición de ejercicios muy intensos, esto será cuando se desarrolle el HIIT<sup>24</sup>.

### Sistema Energético

Al ser tan elevadas las tasas de producción de ATP, en esta fase los niveles de estimulación de gluconeogénesis muscular y hepática van a estar en su máxima expresión. La necesidad de generar la mayor cantidad de energía para la contracción muscular rápida, hace que todos los sistemas energéticos contribuyen para generar ATP, independientemente que concluya con la acidosis y disturbios en el medio interno que lleve a la fatiga muscular<sup>24</sup>.

El músculo tiene una tasa metabólica mayor que la grasa y al aumento del metabolismo basal, producido durante el ejercicio y las horas siguientes, se suma el aumento del consumo energético por el aumento de la masa muscular. Éste se mantiene mientras no se produzca una pérdida muscular<sup>30</sup>.

En estos últimos años se ha incrementado una fuerte tendencia a creer que el aumento de masa muscular favorece el ritmo de aceleración metabólica para la oxidación de grasas y ésta, a su vez, a la prevención o tratamiento de la obesidad y el sobrepeso. Si bien existen investigaciones donde no se encontraron cambios relevantes en este aspecto, luego de una intervención de fuerza, hay múltiples intervenciones y teorías que lo avalan y que demuestran su efectividad<sup>28-31</sup>.

### Sistema respiratorio

La función pulmonar en esta fase es oxigenar la sangre hipoxémica que retorna al capilar pulmonar y colaborar con el equilibrio ácido-básico mediante la eliminación de CO<sub>2</sub><sup>24</sup>.

El intenso trabajo muscular respiratorio provoca una competencia por el oxígeno entre éstos y los músculos locomotores, generando una considerable baja del rendimiento motor para garantizar el objetivo del sistema que es la oxigenación de la sangre<sup>24</sup>.

### Sistema Cardiocirculatorio

Se potencian los mecanismos de activación cardíaca por la tendencia a la acidosis y la inestabilidad metabólica<sup>24</sup>.

La presión sistólica aumenta en relación al gasto calórico y la diastólica puede disminuir por la gran vasodilatación generada por los ejercicios aeróbicos, sobre todo si están implicados grandes grupos musculares<sup>24</sup>.

### Aplicación de HIIT para Síndrome Metabólico

El HIIT se ha propuesto como un método de entrenamiento alternativo tanto para la mejora de la salud, como parte del ejercicio terapéutico en distintas enfermedades<sup>24</sup>.

En relación con la promoción de la salud, frente a los factores de riesgo

cardiovascular y metabólicos ampliamente consensuados, se sitúa como factor protector el  $VO_{2max}$ . Así, valores altos de  $VO_{2max}$  se han relacionado con una buena salud cardiovascular, mientras que valores bajos se han vinculado con un aumento de mortalidad por cualquier causa<sup>24</sup>.

El HIIT podría ser más efectivo en la reducción de la grasa subcutánea y abdominal que otras modalidades de ejercicio ya que se muestra muy eficaz tanto en la mejora del  $VO_{2max}$  como en el aumento de la sensibilidad a la insulina<sup>24</sup>.

La inversión del tiempo en ejercicio disminuye drásticamente al aplicar HIIT frente a los protocolos clásicos de entrenamiento continuo, y este es un factor que puede ser decisivo en la adherencia al programa de ejercicio destinado al descenso de la grasa corporal<sup>24</sup>.

Se proponen distintos mecanismos que podrían justificar una mayor eficacia del HIIT para perder grasa corporal, como la inhibición de la glucogenolisis anaeróbica por acidosis, con resíntesis de ATP (Adenosín Trifosfato) desde la PC (Fosfocreatina) y reservas intramusculares de triglicéridos, la disminución del apetito por estímulo simpático-adrenal y los efectos sobre el post ejercicio (EPOC). Las catecolaminas incrementarían la oxidación de las grasas post ejercicio, como resultado de aclarar lactato y  $H^+$ , y resintetizar glucógeno. Los elevados niveles de GH (Hormona de Crecimiento) con HIIT también incrementarían el gasto energético y la oxidación de las grasas<sup>24</sup>.

#### **IV. JUSTIFICACIÓN:**

En las últimas décadas las ciencias del ejercicio han cobrado interés por integrar y formar parte de equipos interdisciplinarios, los cuales tienen por finalidad atender y garantizar la mejora de la salud de las personas que se encuentran en un estadio de enfermedad crónica o transitoria. En estos equipos se utilizan conocimientos y recursos propios del área del movimiento y la especialidad del ejercicio físico adaptado para ofrecer, al caso afectado, un recurso que pueda aportar mejoras, no solo en su condición física, sino a consecuencia de ello, a su estado general de salud y en aspectos puntuales que lo restablezca a niveles óptimos para la calidad de vida.

Tal es así que los avances que se han alcanzado otorgan a los profesionales de la educación física y el entrenamiento la posibilidad de trabajar diariamente con personas que acuden a gimnasios, derivados por especialistas, para iniciar un programa de actividades cuya finalidad será, en definitiva, la mejora de la calidad de vida.

Una de las causas de mayor preocupación en el mundo contemporáneo ha surgido por el estilo de vida que llevamos los seres humanos y por cómo nos desenvolvemos. Los factores que afectan a la salud desde hace un tiempo están íntimamente relacionados con los “avances tecnológicos”, la industria de los alimentos procesados y la comodidad de disminuir la necesidad del movimiento para realizar tareas de la vida cotidiana economizando esfuerzos.

Con estos, y otros eventos, en pocos años se presentaron algunas de las patologías que hoy generan más preocupación en el área médica y en el mundo entero, ya que afectan no solo a adultos, sino también a niños y jóvenes. Algunas de ellas tales como: obesidad, diabetes, hipertensión, hipercolesterolemia, dislipidemia, entre otras enfermedades, que junto con el escaso movimiento para desarrollar la vida cotidiana y la falta de actividad física y ejercicio, generan un desequilibrio en el organismo, un estado de inflamación sistémica permanente y una considerable cantidad de daños, algunos de ellos irreversibles hasta el momento, poniendo en riesgo el estado de salud del ser humano, y alterándolo significativamente, no solo a nivel personal del sujeto, sino también a nivel social. A este conjunto de enfermedades se las identifica como el Síndrome X o lo que luego se denominó, y hoy se reconoce como el Síndrome Metabólico.

A causa de los peligros a la salud que genera este síndrome, se han desarrollado numerosos estudios para intentar revertir los efectos que genera este estado de

disfunción sistémica constante. Desde el campo del ejercicio físico adaptado se está trabajando en el diseño de nuevos protocolos destinados a la readaptación de personas que padecen síndrome metabólico. Los avances científicos y la minuciosidad de las investigaciones nos han brindado las herramientas para poder llevar a la práctica estos programas de entrenamiento adaptado en los gimnasios a cargo de especialistas en el área de la salud.

Además de estas patologías, hoy es de suma preocupación también la aparición del virus COVID-19, foco de atención de las investigaciones recientes que, vale aclarar, escasean por la inmediatez de su aparición. Desde hace 2 años, el área del ejercicio físico adaptado está centrada en la readaptación funcional de personas que padecieron la enfermedad causada por este virus. Las secuelas varían dependiendo del organismo de cada individuo y los protocolos de refuncionalización van a obedecer a las respuestas que cada uno genere ante la aparición de este agente.

Si bien no existe aún un plan estándar para contrarrestar el efecto secuelar del SARS-CoV-2, se sabe que las respuestas a esta enfermedad están relacionadas con la inflamación del organismo humano, trayendo aparejadas consecuencias severas a nivel cardíaco, hematológico, pulmonar, endócrino, muscular y neurológico. Ahora bien, en función de todo lo explicado hasta aquí, ¿por qué no aplicar un plan de entrenamiento para la readaptación de estos individuos que sea compatible con la refuncionalización del paciente de síndrome metabólico?

La presente investigación intenta llevar a cabo una comparación práctica para evaluar la compatibilidad de un protocolo estándar destinado a personas que transitan el síndrome metabólico, con la realización de un plan para readaptar las capacidades afectadas por el COVID-19.

## **V. MÉTODOS:**

### **V.a Tipo de trabajo:**

Este trabajo de investigación es un estudio de caso observacional prospectivo longitudinal.

### **V.b Muestra**

Para el desarrollo de la intervención práctica se llevó a cabo la búsqueda de voluntarios con una edad igual o menor a 40 años, que no presenten cardiopatías congénitas severas ni limitaciones crónicas en su aparato locomotor tales como discapacidad física, antecedentes de lesiones musculares o esqueléticas severas o cualquier otra disfunción que pudiera alterar el proceso de intervención, e incluso generar por parte de la persona en tratamiento la suspensión parcial o total del entrenamiento, por el tiempo planificado para el desarrollo del trabajo de investigación.

Bajo estas consideraciones el objetivo fue hallar a uno o dos sujetos que se encontraran dispuestos a participar de un programa de entrenamiento, con una frecuencia semanal de 3 clases, durante un tiempo total equivalente a 8 semanas, y que estuvieran transitando (o hayan transitado) por todas o algunas de estas patologías: Sobrepeso u Obesidad, Hipertensión, Dislipidemia, Insulinorresistencia, Hiperglucemia o Covid-19 (siendo esta última determinante para este estudio).

Luego de la búsqueda, fueron seleccionadas 2 personas de sexo femenino de 39 y 34 años.

La primera (Caso 1) presentó los siguientes cuadros de salud encontrándose actualmente bajo tratamiento médico y farmacológico:

- Sobrepeso tipo II según IMC:27,5. Actualmente con apoyo profesional al tratamiento nutricional con objetivo al retardo gástrico y al control de porciones, así como también bajo tratamiento farmacológico con una dosis diaria de 1,2 mg de liraglutida inyectable marca comercial Victoza.
- Hipotiroidismo de Hashimoto: paciente con tratamiento farmacológico desde el año 2004 hasta la actualidad con una dosis diaria de 20 mg de T3, y 150 mg de T4. La paciente es controlada periódicamente con variación de valores frecuentes

dependiendo de factores externos (suspensión del tratamiento por falta de medicación en el mercado), modificaciones en su peso corporal, cambios en su rutina diaria y alteraciones en su alimentación.

- Se registraron, además, dos episodios de insulinoresistencia, en 2006 y en 2019 respectivamente, recuperando y estabilizando los valores con tratamiento nutricional y entrenamiento físico.
- Alergia a ácaros y hongos propios de ambientes húmedos. Fue diagnosticada en el año 2007, con episodios aislados, y durante el año 2018 comienzan episodios más frecuentes de Anafilaxia post entrenamiento luego de actividades físicas al aire libre principalmente. Después de varios tratamientos con vacunas Gammaglobulina, antihistamínicos y antialérgicos en el año 2020 inicia un tratamiento con 1 dosis diaria de 10 mg Montelukast.
- Covid-19: diagnosticada en mayo del 2020, con elevación de la temperatura corporal, ageusia, anosmia, cefaleas, mialgias, náuseas y mareos, lagunas mentales y fatiga recurrente, bajo tratamiento farmacológico con 1 dosis diaria de 500 mg levofloxacina, 6 mg de Ivermectina, 600mg de Ibuprofeno y 3 disparos diarios de Nasitral Spray Nasal.

La segunda (Caso 2) presentó los siguientes cuadros, también con tratamiento médico y farmacológico:

- Obesidad tipo II según IMC: 44,8. Con tratamiento nutricional interrumpido.
- Hipotiroidismo: desde el año 2006 medicada bajo tratamiento con 1 dosis diaria de 137 mg de Levotiroxina en comprimidos. Controles médicos periódicos con Endocrinóloga.
- Pre Diabetes: bajo tratamiento con una dosis diaria de 850 mg de Diabesil en comprimidos y una dosis diaria de 1,5 mg de Ozempic: Smaglutida inyectable, con control periódico desde el año 2019.
- Hipertensión Arterial post parto: controlada y medicada desde el año 2016 bajo tratamiento con 1 dosis diaria de 12,5 mg de Presimax D: Losartán Potásico en comprimidos y 1 dosis diaria de 5 mg de Corvis 5 Bisoprolol en comprimidos.
- Covid-19: diagnosticado en septiembre del año 2020 con un cuadro de dolor corporal, dificultades respiratorias, dolor de pecho y espalda, cefalea, ageusia, anosmia y aumento de la temperatura corporal. Medicada con 2 dosis diarias de 100 mg de Paracetamol. El cuadro lo transitó por 10 días hasta su recuperación parcial ya que por los siguientes 6 meses continuó con las dificultades respiratorias (más leves que cuando transitaba la fase aguda) y tos.

### Antecedentes referidos con el entrenamiento:

El Caso 1 tiene una historia deportiva infantil y juvenil activa y que ha durado hasta finalizar la adolescencia. Luego, en la etapa adulta, habiendo suspendido la competencia propia del deporte, ha desarrollado actividades como baile, yoga, spinning, ciclismo al aire libre, atletismo, entrenamiento metabólico y muscular, natación y danza Jazz.

Al momento de iniciar la intervención práctica de investigación se encontraba en actividad desarrollando tres veces a la semana entrenamiento metabólico, desarrollados en la pista de atletismo, entrenamiento muscular dentro del gimnasio y dos veces por semana sesiones de danza Jazz.

El Caso 2 tiene una historia deportiva infantil y juvenil activa, que ha durado hasta finalizar la adolescencia. Luego, en la etapa adulta, ya habiendo suspendido la competencia propia del deporte, ha desarrollado actividades como spinning, caminatas y entrenamiento muscular hasta su embarazo.

Al momento de iniciar la intervención práctica de investigación se encontraba en actividad desarrollando tres veces a la semana entrenamiento metabólico y muscular dentro del gimnasio y caminata continua de una hora en cinta de hogar 2 veces a la semana.

### Parámetros a evaluar:

- Parámetros Antropométricos: Peso, Talla, Índice de Masa Corporal e Índice de Cintura-Cadera.
- Parámetros Cardiovasculares: Frecuencia Cardíaca de Reposo, Tensión Arterial y Saturación de Oxígeno.
- Resistencia Aeróbica: Nivel de esfuerzo cardíaco, nivel de recuperación post esfuerzo y nivel de sensación subjetiva del esfuerzo (escala de Borg).
- Parámetros de Fuerza: medición de niveles de fuerza en miembros inferiores y miembros superiores.

### **V.c. Medición:**

Se tomaron tres mediciones: la primera como referencia y punto de partida del proceso. La segunda, a las cuatro semanas para control de avance. Y una final a las 8 semanas para la comparación de sus evoluciones.

Estas mediciones consistieron en unas evaluaciones antropométricas de 6 componentes llevadas a cabo por una licenciada en nutrición calificada con ISAK <sup>35</sup>, y una batería de test físicos realizadas en un ambiente controlado para la mejor lectura de estas mediciones.

### **V.d. Instrumentos de Medición (Imágenes en Anexo):**

- Peso: Balanza Digital marca “Cormillot”. (Imagen 1).
- Frecuencia Cardíaca de Reposo y Saturación de Oxígeno con Oxímetro marca “Yonker” Mod YK-81C. (Imagen 2).
- Tensión arterial: Tensiómetro digital marca “Omron” (Imagen 3).
- Nivel de esfuerzo cardíaco y Nivel de Recuperación post esfuerzo: Método de Harvard (evaluación del escalón). Escalón de 50 cm de alto para varones y 45 cm de alto para mujeres. (Imagen 4).
- Metrónomo (Aplicación Celular) (Imagen 5).
- Cardiotacómetro marca “Polar” (Imagen 6).
- Cronómetro marca “Casio”. (Imagen 7).

### **Datos de los instrumentos de medición de las capacidades físicas:**

Medición indirecta de niveles de fuerza en miembros inferiores:

- Sillón de Cuádriceps marca “FOX” (Imagen 8).
- Prensa marca “FOX” (Imagen 9).

Medición indirecta de niveles de fuerza en miembros superiores:

- Banco plano con barra olímpica (Imagen 10).
- Dorsalera marca “FOX” (Imagen 11).

### **Datos de los instrumentos de medición antropométrica:**

- Plicómetro marca Calibres Argentinos SRL, Graduación = 0.5 mm (Imagen 12).
- Medidor óseo marca Calibres Argentinos SRL (Imagen 13).
- Cinta métrica marca MEDNIB (Imagen 14).
- Tallímetro marca MEDNIB (Imagen 15).

### **V.c Descripción de los procedimientos**

#### **Mediciones Antropométricas:**

Según ISAK (International Society for Advancement in Kinanthropometry) la antropometría es la ciencia encargada de la medición de los componentes que constituyen el cuerpo a través de seleccionados test de evaluación protocolares.

El objetivo consiste en medir y registrar aquellos valores que serán analizados para el estudio de cada caso.

En los dos casos de estudio se realizaron las mediciones correspondientes al peso, talla, longitud biepicondilar humeral y longitud biepicondilar femoral. Sumado a ello, se midieron los diámetros del brazo relajado, brazo flexionado en tensión, cintura, cadera y pantorrilla.

Posteriormente se midieron los pliegues cutáneos correspondientes a tríceps, subescapular, supraespinal, abdominal, muslo (medial) y pantorrilla, ya que sólo de esta manera se puede realizar el cálculo del porcentaje de masa grasa total en el sujeto, determinado por el protocolo de mediciones antropométricas de ISAK<sup>36</sup>.

Todos estos datos se registraron en una planilla para establecer los índices correspondientes, que posteriormente se analizaron para conocer su evolución.

#### **Test de Harvard:**

#### **Acondicionamiento Inicial guiado:**

Sobre colchoneta se desarrollaron ejercicios de movilidad de grandes núcleos articulares tales como columna vertebral, pelvis y caderas.

Luego se hizo énfasis en una activación metabólica de corta duración, no mayor a 3 minutos con alternancias de marcha y trote de baja intensidad y duración.

Por último, se realizaron ejercicios globales de fuerza (sentadillas a 90°, puente de cúbito dorsal y elevación de talones en posición de pie) todos ellos con la carga de su propio peso corporal y con una dosificación de 1 a 2 series de entre 10 y 20 repeticiones.

Procedimiento:

La persona a evaluar se colocó frente a un cajón de 45.8 cm (altura establecida por protocolo para mujeres) y por 5 minutos realizó 30 subidas por minuto siguiendo el ritmo de un metrónomo, cambiando el primer pie de subida a los 2:30 minutos.

Una vez finalizada la prueba se tomó lectura de su frecuencia cardíaca al minuto de haber concluido (P1), a los 2 minutos (P2) y a los 3 minutos (P3) y se registraron los valores mencionados.

Se obtuvo una puntuación de la prueba utilizando los valores registrados previamente y el tiempo de duración del test en segundos mediante la siguiente ecuación:

$$(Dx100) / 2x(P1+P2+P3)$$

Puntajes Cardiovasculares de Harvard	
>90	Excelente
80-89	Bueno
65-79	Medio
55-64	Débil
<55	Malo

Cuadro 16: Puntajes Cardiovasculares para el test de Harvard<sup>34</sup>.

También se determinó por la escala de Borg, la sensación subjetiva del esfuerzo la cual nos va a dar un parámetro de acuerdo a la siguiente tabla:

ESCALA DE BORG	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	Muy, muy suave
8	
9	Muy Suave
10	
11	Bastante Suave
12	
13	Algo Duro
14	
15	Duro
16	
17	Muy Duro
18	
19	Muy Muy Duro
20	

Cuadro 13: sensaciones subjetivas de los sujetos con su puntaje equivalente <sup>26, 27</sup>

La escala de esfuerzo de Borg es un sistema de percepción del esfuerzo dividida en 20 niveles donde el 1 se corresponde con el muy ligero, y la intensidad va aumentando hasta llegar al 20 que sería un esfuerzo extremo.

### Sugerencia:

Para aquel caso cuya actividad física sea escasa o nula (sedentario), los autores recomiendan aplicar un test de evaluación para determinar el nivel de resistencia aeróbica que resulte ser ejecutable, teniendo en cuenta las posibilidades motrices del sujeto y cuidando su integridad, por ejemplo, el test de 1000 metros.

### **Test “1RM” Adaptado**

#### Re-Activación guiada:

Se desarrollaron ejercicios de movilidad de algunas articulaciones tales como: hombros, codos, muñecas, rodillas y tobillos, e inmediatamente se procedió a la activación cuyos músculos serían de interés directo para la evaluación, el registro y el posterior análisis de los datos, favoreciendo así no sólo el aumento de la temperatura corporal, sino también garantizando la activación neuromuscular, y con ello la optimización de su rendimiento a la hora de ser evaluado, tanto como la protección de posibles lesiones que pudieran afectar la salud muscular del paciente.

#### Procedimiento:

Para el desarrollo de este test se seleccionaron 5 ejercicios de fuerza. De los cuales 3 de estos ejercicios fueron correspondientes a los miembros inferiores (“Prensa”, “Sillón de Cuádriceps” y “Sillón de Isquiotibioperoneos”), mientras que los otros 2 fueron correspondientes a los miembros superiores (tales como “Press de Pecho Bilateral” y “Tracción Dorsal Bilateral”).

La paciente se ubicó sobre el equipo para iniciar la activación muscular mencionada, e inmediatamente procedió a desarrollar el test “1RM” Adaptado, efectuando un intento aproximadamente cada 10 a 15 segundos con aumentos progresivos de peso hasta llegar al fallo muscular, controlando la técnica de ejecución en todo su rango de movimiento.

Alcanzado dicho momento del fallo se tomó lectura de la carga anterior a este último intento, registrando el valor con la unidad de medida expresada en kilogramos.

### Aclaración:

Los autores eligieron este método para hallar la capacidad del músculo. Así mismo, reconocen que no es un test avalado científicamente, sino una estrategia adaptada y confiable para el objetivo que se planteó, ya que, en las sesiones de entrenamiento, se trabajó dentro del rango de repeticiones equivalentes a los parámetros correspondientes dentro de la cualidad de fuerza hipertrofia (entre 8 y 12 repeticiones por serie) con un porcentaje correspondiente a un rango de entre el 55% y el 85% del resultado obtenido en el test.

### Entrenamiento

Una vez evaluados los casos en su primera intervención diagnóstica y habiendo registrado los datos obtenidos, se diseñó un plan personalizado para desarrollar dentro de la sala de entrenamiento.

Estas evaluaciones se repitieron en la cuarta y en la octava semana del programa para comparar la evolución individual.

A continuación, se expondrán los detalles de las intervenciones que se desarrollaron a lo largo de 8 semanas con una frecuencia de 3 veces semanal (lunes, miércoles y viernes), que constan de 2 bloques por sesión de entrenamiento de 60 minutos cada una: el primero destinado al desarrollo de la hipertrofia de miembros superiores e inferiores, y el segundo enfocado en un entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT), siempre cuidando la integridad del alumno y sus posibilidades motrices.

Mesociclo 1:

Plan Número 1

- Entrada en Calor:
  - Activación Metabólica (5' bici, elíptico o caminador).
  - Movilidad Articular + Elongación (5' general).

FUERZA HIPERTROFIA							
PLAN	EJERCICIOS	SERIES Y REPETICIONES				PAUSA	PESO
		MICRO 1	MICRO 2	MICRO 3	MICRO 4		
A	Prensa unipodal	3 X 10	4 X 10	5 X 10	4 X 10	1 minuto	55% de "1Rm" Adaptado
	Sillón de Cuadriceps unipodal	3 X 10	4 X 10	5 X 10	4 X 10	1 minuto	
	Press Pecho bilateral	3 X 10	4 X 10	5 X 10	4 X 10	1 minuto	
B	Sillón de ITP unipodal	3 X 10	4 X 10	5 X 10	4 X 10	1 minuto	
	Polea Dorsal bilateral	3 X 10	4 X 10	5 X 10	4 X 10	1 minuto	

Cuadro 1: Correspondiente al mesociclo número 1 del entrenamiento de fuerza hipertrofia para los sujetos 1 y 2.

## Mesociclo 2:

### Plan Número 2

- Entrada en Calor:
  - Activación Metabólica (5' bici, elíptico o caminador).
  - Movilidad Articular + Elongación (5' general).

FUERZA HIPERTROFIA							
PLAN	EJERCICIOS	SERIES Y REPETICIONES				PAUSA	PESO
		MICRO 1	MICRO 2	MICRO 3	MICRO 4		
A	Prensa unipodal	3 X 8	4 X 8	5 X 8	3 X 10	1 minuto	70% de "1Rm" Adaptado
	Sillón de Cuadriceps unipodal	3 X 8	4 X 8	5 X 8	3 X 10	1 minuto	
	Press Pecho bilateral	3 X 8	4 X 8	5 X 8	3 X 10	1 minuto	
B	Sillón de ITP unipodal	3 X 8	4 X 8	5 X 8	3 X 10	1 minuto	
	Polea Dorsal bilateral	3 X 8	4 X 8	5 X 8	3 X 10	1 minuto	

Cuadro 2: Correspondiente al mesociclo número 2 del entrenamiento de fuerza hipertrofia para los sujetos 1 y 2.

Se decidió implementar un plan de entrenamiento con una dinámica de carga 3:1 (tres semanas de carga por una de descarga).

El modelo de planificación fue el mismo para ambos casos, con la salvedad que las RM (repetición máxima) Adaptada absoluta (kg) correspondientes difieren, no así los porcentajes de carga para cada plan.

Vale aclarar que los entrenamientos A y B correspondientes a los cuadros anteriores (Cuadros 1 y 2) no se realizaban en la misma sesión, sino que se ejecutaban alternadamente, por ejemplo: lunes de microciclo 1 se realizaban los ejercicios

correspondientes al Plan “A”, miércoles de microciclo 1 se realizaban los ejercicios correspondientes al Plan “B” y viernes del microciclo 1 se repite el Plan “A”. Y así sucesivamente el resto de los días de entrenamiento.

A diferencia del entrenamiento de la hipertrofia, en cada una de las sesiones de HIIT, los sujetos eligieron 3 ejercicios propuestos y descritos en las siguientes tablas (Cuadro 3 y Cuadro 4), con el objetivo de aumentar la frecuencia cardíaca y trabajar en un rango de entre el 70% y el 90% (Frecuencia cardíaca objetivo) de la frecuencia cardíaca máxima teórica (FCMT) de cada uno, mediante la fórmula de Karvonen:

$$\text{F.C. Objetivo} = [ (\text{F.C.M. Teórica} - \text{F.C. Reposo}) \times \% \text{ Intensidad} ] + \text{F.C. Reposo}$$

Gracias a esta fórmula se pudo saber cómo determinar la intensidad del ejercicio para cada persona.

A continuación, se presenta un cuadro con los rangos de frecuencias cardíacas y una breve descripción del beneficio que genera realizar un entrenamiento dentro de ese parámetro:

Zona Obj.	Int. % FCMT	Tiempo	Efectos / Beneficios del ejercicio
<b>Máxima</b>	90-100% 171-190 Lpm	0-2´	* Entona el sistema neuromuscular. * Aumenta la máxima velocidad de sprint en carrera.
<b>Intensa</b>	80-90% 152-172 Lpm	2´-10´	* Incrementa la tolerancia anaeróbica. * Mejora la resistencia a altas velocidades.
<b>Moderada</b>	70-80% 133-152 Lpm	10´-40´	* Aumenta la potencia aeróbica. * Mejora la circulación sanguínea.
<b>Suave</b>	60-70% 114-133 Lpm	40´-80´	* Aumenta la resistencia aeróbica. * Prepara el cuerpo para tolerar mayor intensidad * Incrementa el metabolismo.
<b>Muy Suave</b>	50-60% 104-114 lpm	20´-40´	* Aumenta y acelera la recuperación después de un ejercicio intenso.

Cuadro de intensidades correspondientes a las diferentes frecuencias cardíacas de trabajo<sup>25</sup>.

De acuerdo a lo descrito, se decidió trabajar el HIIT en los rangos de

intensidades Moderadas e Intensas para lograr los objetivos planteados.

Se detallan en el Anexo las fórmulas utilizadas para calcular la Frecuencia cardíaca objetivo (en sus rangos máximos y mínimos) de los dos mesociclos del Caso 1 y del Caso 2.

La elección de las frecuencias cardíacas fue teniendo en cuenta las capacidades evaluadas de los sujetos, realizando así una progresión del entrenamiento para llegar a la frecuencia cardíaca objetivo.

De esta manera se puede observar que, por ejemplo, en el microciclo 1 del método HIIT utilizado se ha propuesto desarrollar diferentes tipos de actividad con una frecuencia cardíaca mínima equivalente a una intensidad del 50% según Karvonen, lo cual representa para el caso entrenado una manera de alcanzar rápidamente la adaptación fisiológica y metabólica que se pretende para garantizar la salud del caso, y generar las bases para el aumento de las intensidades en los siguientes microciclos.

HIIT									
PLAN	EJERCICIOS	FRECUENCIA CARDÍACA							
		MICRO 1		MICRO 2		MICRO 3		MICRO 4	
		Frecuencia Cardíaca (ppm)		Frecuencia Cardíaca (ppm)		Frecuencia Cardíaca (ppm)		Frecuencia Cardíaca (ppm)	
		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
		<b>Bicicleta</b>	146	125	157	135	163	140	152
<b>Trampolín</b>	146	125	157	135	163	140	152	129	
<b>Cinta</b>	146	125	157	135	163	140	152	129	
<b>Elíptico</b>	146	125	157	135	163	140	152	129	

Cuadro 3: Correspondiente al mesociclo número 1 del entrenamiento de HIIT para caso1

HIIT									
PLAN	EJERCICIOS	FRECUENCIA CARDÍACA							
		MICRO 5		MICRO 6		MICRO 7		MICRO 8	
		Frecuencia Cardíaca (ppm)		Frecuencia Cardíaca (ppm)		Frecuencia Cardíaca (ppm)		Frecuencia Cardíaca (ppm)	
		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
	<b>Soga</b>	157	135	163	140	169	146	157	135
	<b>Escalar</b>	157	135	163	140	169	146	157	135
	<b>Cinta</b>	157	135	163	140	169	146	157	135
	<b>Trampolín</b>	157	135	163	140	169	146	157	135
	<b>Desplazam.</b>	157	135	163	140	169	146	157	135
	<b>Escaleras</b>	157	135	163	140	169	146	157	135

Cuadro 4: Correspondiente al mesociclo número 2 del entrenamiento de HIIT para caso1

A continuación, se presentan las frecuencias cardíacas objetivo para trabajar con el caso 2:

HIIT									
PLAN	EJERCICIOS	FRECUENCIA CARDÍACA							
		MICRO 1		MICRO 2		MICRO 3		MICRO 4	
		Frecuencia Cardíaca (ppm)		Frecuencia Cardíaca (ppm)		Frecuencia Cardíaca (ppm)		Frecuencia Cardíaca (ppm)	
		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
	<b>Bicicleta</b>	150	125	160	136	167	142	155	130
	<b>Trampolín</b>	150	125	160	136	167	142	155	130
	<b>Cinta</b>	150	125	160	136	167	142	155	130
	<b>Elíptico</b>	150	125	160	136	167	142	155	130

Cuadro 5: Correspondiente al mesociclo número 1 del entrenamiento de HIIT para caso2

HIIT									
PLAN	EJERCICIOS	FRECUENCIA CARDÍACA							
		MICRO 5		MICRO 6		MICRO 7		MICRO 8	
		Frecuencia Cardíaca (ppm)		Frecuencia Cardíaca (ppm)		Frecuencia Cardíaca (ppm)		Frecuencia Cardíaca (ppm)	
		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
		<b>Soga</b>	160	136	167	150	173	150	160
<b>Escalar</b>	160	136	167	150	173	150	160	136	
<b>Cinta</b>	160	136	167	150	173	150	160	136	
<b>Trampolín</b>	160	136	167	150	173	150	160	136	
<b>Desplazam.</b>	160	136	167	150	173	150	160	136	
<b>Escaleras</b>	157	135	163	140	169	146	157	135	

Cuadro 6: Correspondiente al mesociclo número 2 del entrenamiento de HIIT para caso2

## VI. RESULTADOS

### Tabla de Mediciones Antropométricas

A continuación, se exponen una serie de cuadros donde fueron ingresados los valores cuyas mediciones se desarrollaron a lo largo del proceso de esta investigación.

Mediciones	Caso 1			Caso 2		
	0 Sem.	4° Sem.	8°Sem.	0 Sem.	4° Sem.	8°Sem.
<b>Peso (kg)</b>	75.8	73.8	74.7	114.7	113.9	114
<b>Talla (cm)</b>	166	166	166	160	160	160
<b>Humeral (biepicondilar) (cm)</b>	6.3	6.3	6.3	6.1	6.1	6.1
<b>Femoral (biepicondilar) (cm)</b>	8.7	8.7	8.7	9.1	9.1	9.1
<b>Brazo Relajado</b>	33.5	34	34.5	41.5	42	41.5
<b>Brazo Flex. en Tensión</b>	33.5	33	33.5	43	44	44
<b>Cintura (mínima)</b>	87.5	85	85.5	108	107	108
<b>Caderas (máxima)</b>	101	100	100	135	137	133
<b>Pantorrilla (máxima)</b>	38	38.5	38.5	42	42	42.5
<b>Tríceps</b>	21.5	19.5	19.5	35	31	29.5
<b>Subescapular</b>	16	15	15	28.5	28	28
<b>Supraespinal</b>	20	17.5	16	25	25	25
<b>Abdominal</b>	27.5	21	22	26	26	20
<b>Muslo (medial)</b>	29.5	27	26.5	41	40	32
<b>Pantorrilla</b>	24	24	21.5	21.5	22	15

Cuadro 7: Componentes antropométricos en los distintos estadios del proceso de investigación para el Caso 1 y 2.

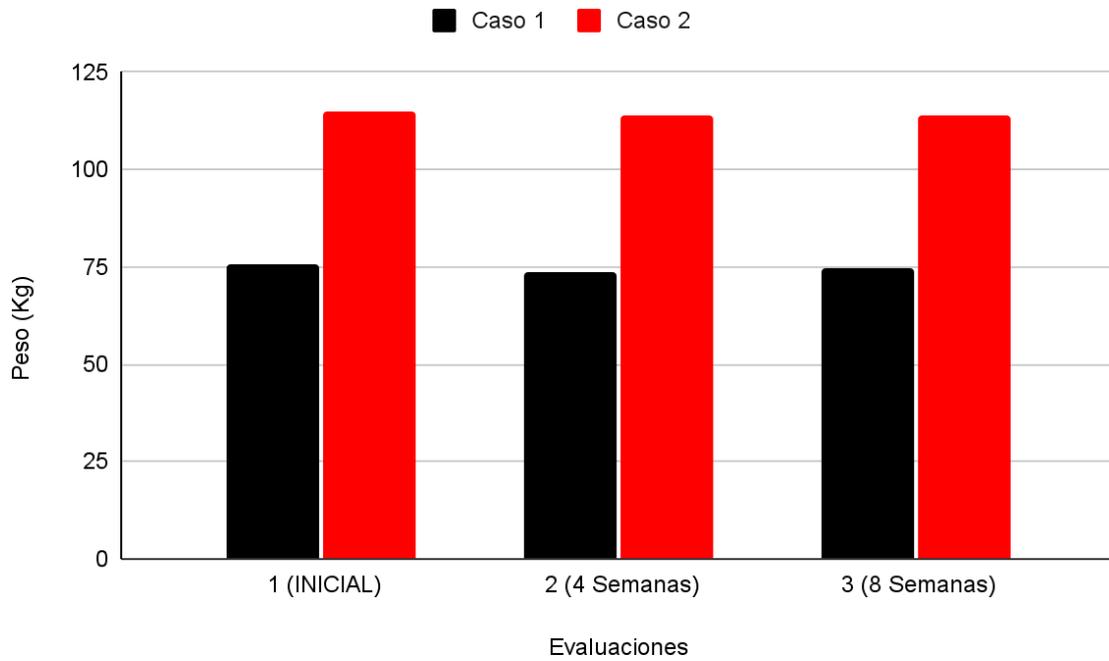
A continuación, se detallan los resultados de los índices de masa corporal, índice cintura-cadera, suma de los 6 pliegues cutáneos, porcentajes grasos y las expresiones en kilogramos de las masas grasa y muscular.

<b>Índices y composición corporal (Durnin &amp; Womersley)</b>						
	<b>Caso 1</b>			<b>Caso 2</b>		
<b>EVALUACIONES</b>	<b>0 Sem.</b>	<b>4° Sem.</b>	<b>8°Sem.</b>	<b>0 Sem.</b>	<b>4° Sem.</b>	<b>8°Sem.</b>
<b>IMC kg/m-2</b>	27.5	26.8	27.1	44.8	44.5	44.5
<b>Ind. Cint./Cad.</b>	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8
<b>Suma 6 pl. mm</b>	138.5	124	120.5	177	172	149.5
<b>% graso D &amp; W</b>	24.2	23	23	31.8	30.7	30.3
<b>Grasa kg</b>	18.4	17	17.2	36.5	35	34.6
<b>Magra kg</b>	57.4	56.8	57.5	78.2	78.9	79.4
<b>% graso Yuhasz</b>	25	22.8	22.2	31	30.2	26.7
<b>Grasa kg</b>	19	16.8	16.6	35.5	34.4	30.5
<b>Magra kg</b>	56.8	57	58.1	79.2	79.2	83.5
<b>Área Musc. Br. mm2</b>	5697	6187	6411	7411	8289	8274

*Cuadro 8: Índices y componentes corporales correspondiente a caso 1 y caso 2*

Peso:

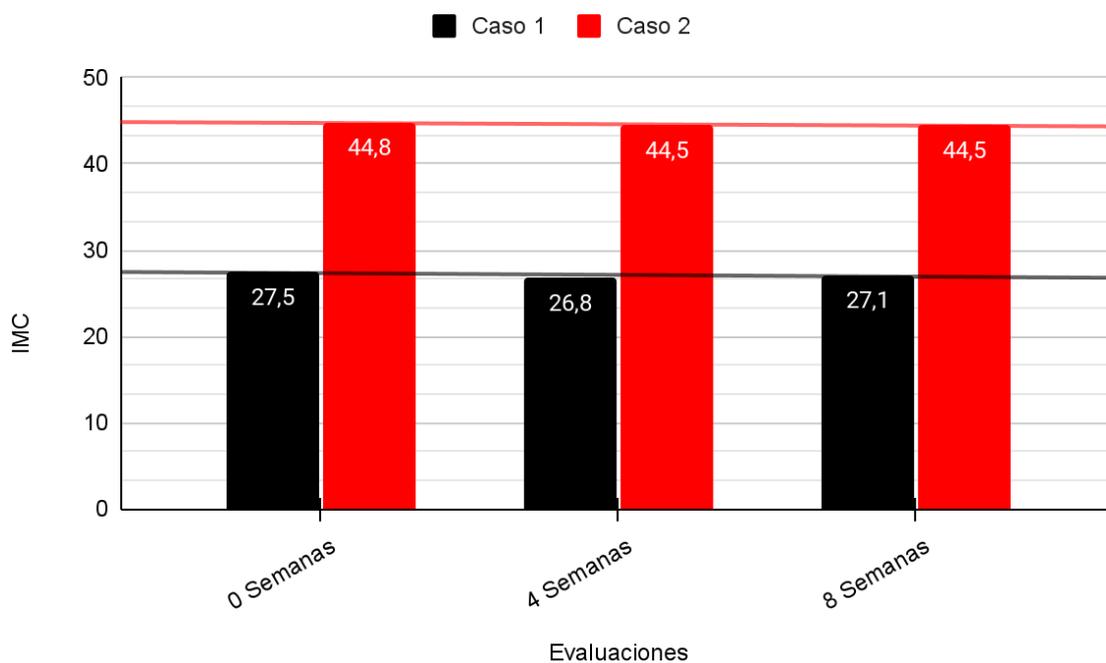
El estado inicial en el que se encontraban ambos sujetos presentó un descenso a las 4 semanas y un ascenso poco significativo a las 8, sin que este último supere el estado inicial, significando el 1.45% en el caso 1 y el 0.6% en el caso 2.



### Índice de Masa Corporal:

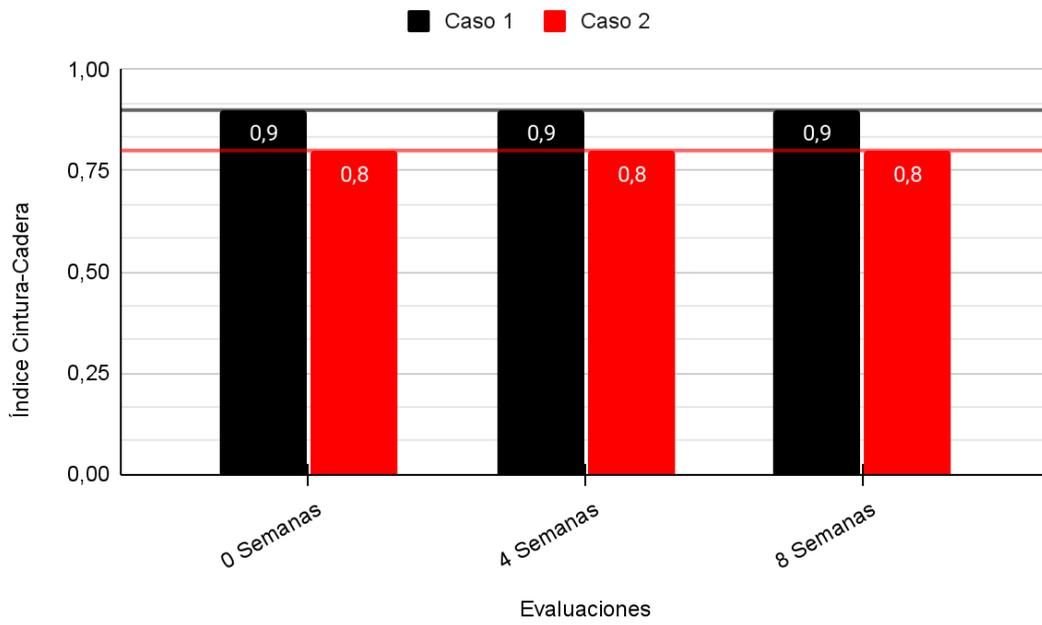
En el caso 1 se registró una disminución de este índice en la evaluación de las 4 semanas y un leve ascenso a las 8 semanas ya que depende directamente del peso (IMC=Peso/[Talla x Talla]) representado por el 1.5% de disminución en este índice al finalizar la intervención.

En el caso 2, en cambio, se registró un descenso en la segunda evaluación y una estabilidad en la octava semana ya que su peso no presentó una modificación relevante teniendo en cuenta que la variación fue del 0.6%.



### Índice Cintura-Cadera:

No se registraron cambios relevantes.



## Fuerza

Para poder planificar un programa de entrenamiento de aumento de masa muscular, correspondiente a cada individuo, es necesario realizar una batería de test de los cuales se extraerá la información pertinente de cada caso para su posterior aplicación dentro de la sala de entrenamiento.

En los siguientes cuadros se plasman los resultados de los test “1RM” Adaptado obtenidos para cada sujeto.

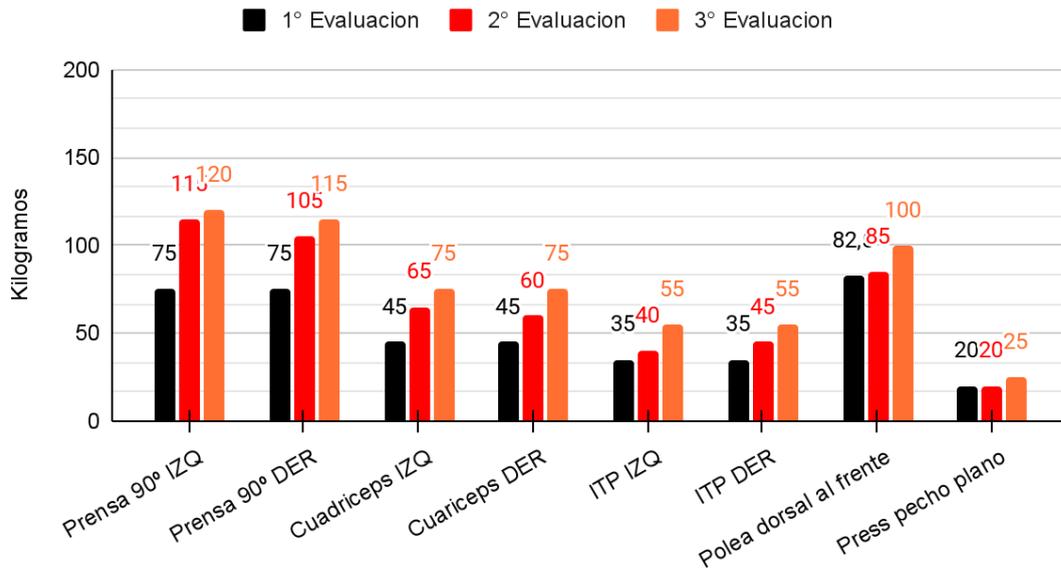
		Caso 1			Caso 2		
TEST “1RM” Adaptado	LADO	0 Sem.	4° Sem.	8°Sem.	0 Sem.	4° Sem.	8°Sem.
<b>Prensa 90 ° (Kg)</b>	<b>Izq</b>	75	115	120	100	135	150
	<b>Der</b>	75	105	115	100	130	150
<b>Sillón de Cuádriceps (Kg)</b>	<b>Izq</b>	45	65	75	45	60	70
	<b>Der</b>	45	60	75	60	60	65
<b>Sillón de IsquioTibioPeroneo (Kg)</b>	<b>Izq</b>	35	40	55	40	50	50
	<b>Der</b>	35	45	55	45	50	50
<b>Polea dorsal al frente (Kg)</b>		82.5	85	100	90	95	100
<b>Press pecho plano c/barra Olímpica (Kg)</b>		20	20	25	40	35	40

Cuadro 10: Valores expresados en kilogramos de los test de “1RM” Adaptado del caso 1 y caso 2

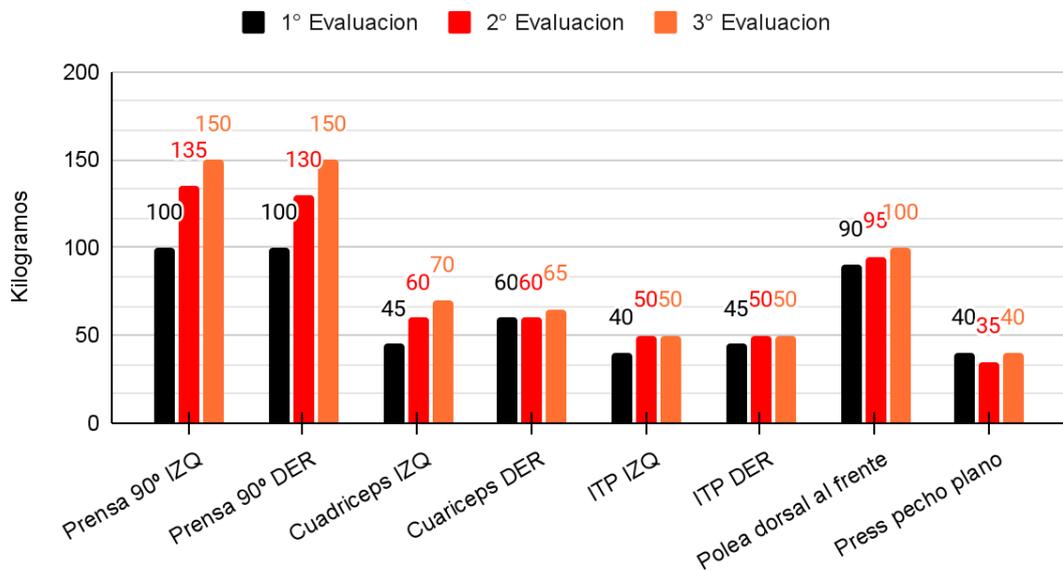
Ambos casos registraron mejoras relevantes en los parámetros de fuerza evaluados.

El método de fuerza seleccionado con orientación hacia la hipertrofia generó incluso ganancias importantes en la capacidad de fuerza y este fenómeno a su vez resultó positivo para las pacientes al momento de tolerar las cargas de entrenamiento propias del HIIT.

“1RM” Adaptado Caso 1



“1RM” Adaptado Caso 2



Las representaciones gráficas descritas anteriormente corresponden a las variaciones de fuerza tomadas en las evaluaciones, arrojando un porcentaje mayor en “1RM” Adaptado tanto en el caso 1 (Prensa 90°: IZQ 37.5%; DER 34.7%; Cuádriceps: IZQ y DER 40%; ITP: IZQ y DER 36.4%; Polea Dorsal al frente: 17.5%; Pecho plano 20%) como en el caso 2 (Prensa: IZQ y DER 33.3%; Cuádriceps: IZQ 35.7%; DER 7.7%; ITP: IZQ 20%; DER 10%; Polea Dorsal al frente: 10%; Pecho Plano: 0%).

## Resistencia Aeróbica

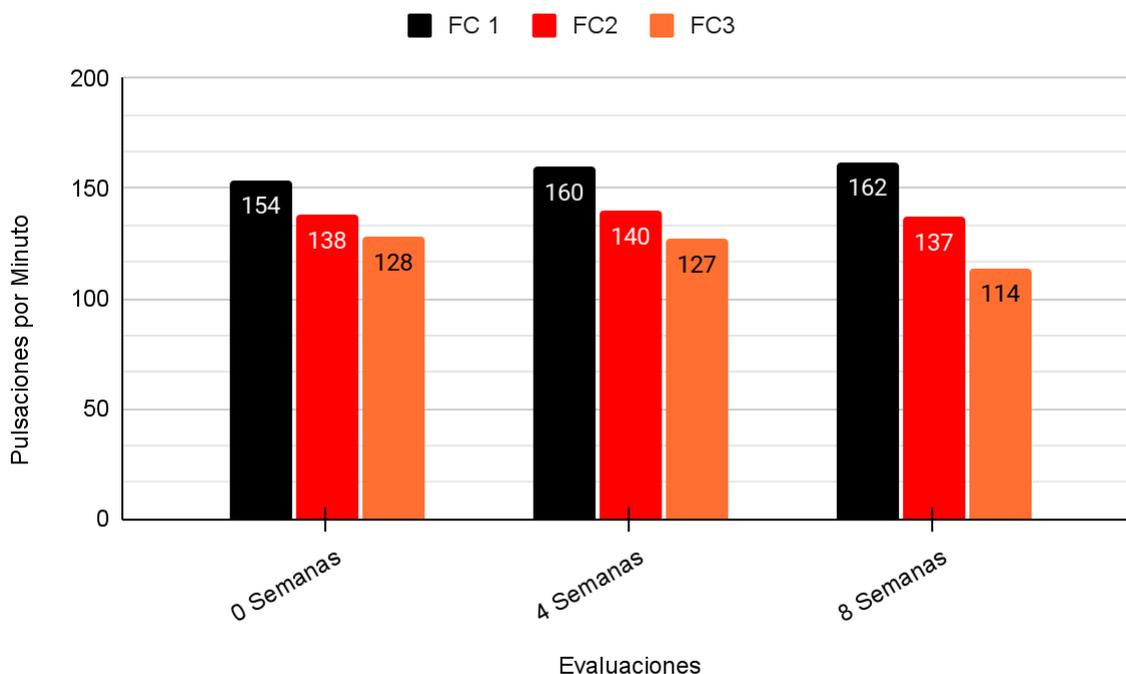
La medición se llevó a cabo mediante el “Test de Harvard”, y se utilizó la “Escala de Borg” para el registro de la sensación subjetiva de esfuerzo expresada por los sujetos seleccionados.

A continuación, se plasman los valores registrados para cada caso:

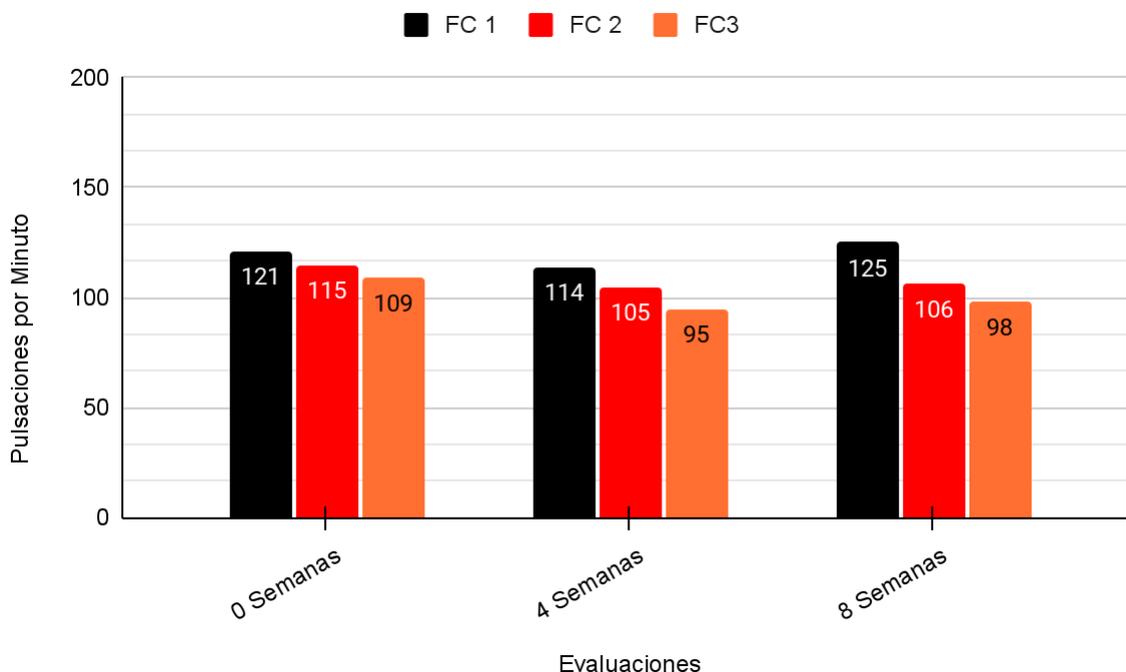
	Test	FC Previa	FC1	FC2	FC3	Borg	TA	FC Basal	Sat. O2	Tiempo (Seg)	Puntos (Harvard)
<b>CASO 1</b>	1	95	154	138	128	19	132/84	65	99	300"	35.71
	2	92	160	140	127	13	129/82	68	98	300"	35.12
	3	94	162	137	114	11	131/76	63	99	300"	36.31
<b>CASO 2</b>	1	90	121	115	109	15	126/86	73	99	124"	17.97
	2	91	114	105	95	13	118/72	76	99	150"	23.88
	3	89	125	106	98	12	123/79	65	99	180"	27.35

Cuadro 13: Valores relacionados a la capacidad aeróbica evaluada en el Test de Harvard del caso 1. **FC:** Frecuencia Cardíaca. **Borg:** “Tabla de Percepción Subjetiva del Esfuerzo de Borg Modificada”. **TA:** Tensión Arterial. **Sat O2:** Saturación de Oxígeno en sangre. **Tiempo:** Duración de la prueba expresada en segundos. **Puntos:** puntaje obtenido mediante la fórmula descrita en “Descripción de los procedimientos”.

De acuerdo con los datos de las tablas anteriores, se puede observar que la duración total del Test para “Caso 1” fue de 5 minutos. Para “Caso 2” se registró una duración inferior por su claudicación manifestando fatiga. El nivel de esfuerzo cardíaco según test de Harvard resultó positivo para el caso 1, quien completó la prueba como lo dicta el protocolo, presentando un descenso significativo de la frecuencia cardíaca post esfuerzo a lo largo del proceso, como se observa en el siguiente gráfico.

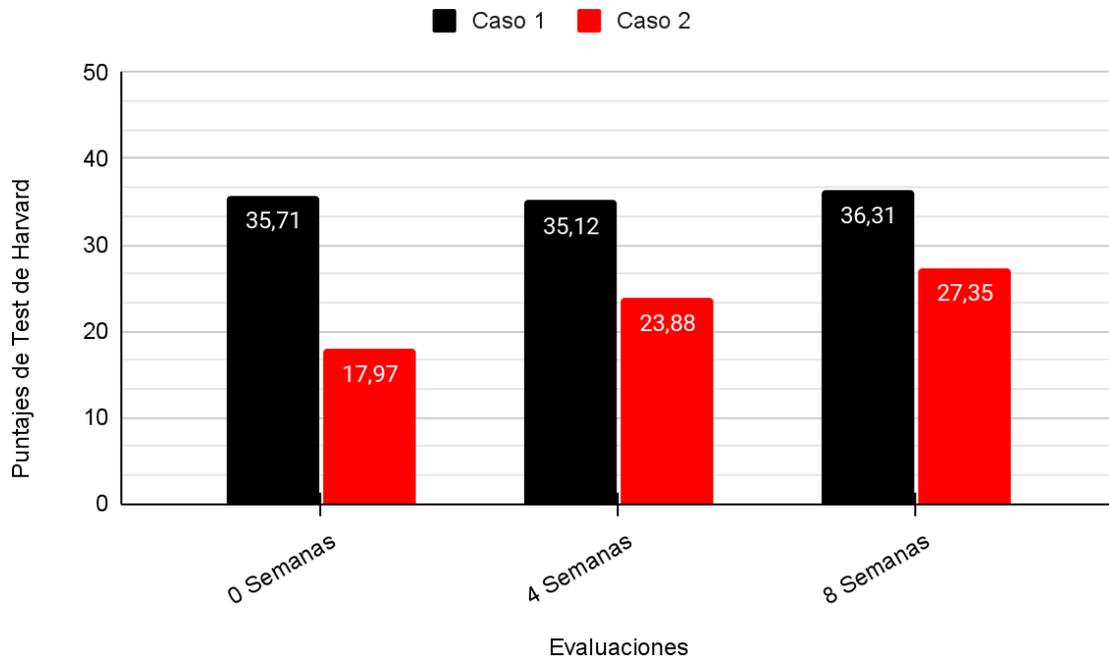


En consecuencia, este caso manifiesta según la escala de Borg una sensación subjetiva del esfuerzo “muy dura” en la evaluación inicial, “algo dura” en la segunda y alcanzando una adaptación positiva en la tercera, siendo su sensación “bastante suave” (Ver Cuadro 13)



“Caso 2” también expresó mejoras a lo largo del proceso (34.4%), pero hay que tener presente que en ninguna instancia concluyó con el tiempo estipulado por protocolo en el momento de realizar el test. Las frecuencias cardiacas post esfuerzo expresaron

una mejora desde la primera evaluación hasta la final, así como su sensación subjetiva del esfuerzo en escala de Borg, donde no fue lo suficientemente relevante teniendo en cuenta el tiempo de ejecución.



En el cuadro anterior se manifiestan las evoluciones de ambos casos con sus respectivos puntajes en las evaluaciones correspondientes. Se puede determinar que “Caso 1” tuvo una mejora en el puntaje con un 1.17% con respecto a la primera evaluación. “Caso 2”, la mejora es más evidente (34.3%) pero hay que tener en cuenta que ninguno de los casos llegó a un puntaje “Bueno” para esta evaluación (Ver cuadro 16).

## **VII. DISCUSIÓN:**

Debido a la escasa disponibilidad de investigaciones, documentos o artículos científicos relacionados a la evaluación de pacientes post COVID-19 y síndrome metabólico, se decidió realizar una comparación con estudios de características similares cuya relación con esta investigación es parcial, ya que los programas de intervención para los pacientes post COVID-19 hablan netamente de entrenamientos aeróbicos de baja intensidad <sup>28</sup>. Además, las investigaciones relacionadas al aumento de masa muscular tratan de la recuperación de la sarcopenia por el prolongado tiempo en reposo de dichos pacientes, y no del desarrollo de masa muscular como factor fundamental y funcional para el aumento del metabolismo basal, que es determinante para la recuperación temprana de los individuos en cuestión.

En esta investigación, las variables que se tuvieron en cuenta arrojaron resultados con cambios significativos a nivel porcentual. Se centró en diferentes criterios de evaluación para observar la evolución de los sujetos en cuanto a sus capacidades, tanto de fuerza como de resistencia, teniendo en cuenta diferentes datos.

En cuanto a las evaluaciones antropométricas, se observó para ambas personas una tendencia hacia la pérdida de masa grasa, disminuyendo así el índice graso. Dichas pérdidas se vieron plasmadas en el descenso de las medidas de seis pliegues cutáneos que indica una disminución de su sección. También podemos notar que hubo un aumento de la masa muscular, siendo un factor determinante en la aceleración metabólica y sobre todo el aumento del metabolismo basal.

Si observamos los parámetros de fuerza teniendo en cuenta los datos obtenidos en las tablas anteriores, podemos determinar para ambas personas una tendencia de ascenso de los esfuerzos máximos al momento de ser testeados. Esto va de la mano con los valores antropométricos del aumento de masa magra, significando la mejora de la fuerza en los sujetos, desarrollando mejores niveles estructurales y funcionales del organismo.

Si bien se establecen diferencias evolutivas en los parámetros anteriormente analizados, podemos observar que en cuanto a la resistencia no fue significativa la mejora en el Test de Harvard, siendo los puntajes cardiovasculares obtenidos muy inferiores a los que, por protocolo, se establece como un caso con clasificación "Buena".

Sin embargo, se puede observar que el progreso entre un test y otro aumentaron.

En un estudio un grupo de pacientes con COVID-19 debían seguir un programa regular de ejercicio aeróbico durante 20-60 minutos en forma de ciclismo o caminata con una intensidad de 55%-80%  $VO_{2max}$  o 60%-80% de la frecuencia cardíaca máxima, de 2 a 3 sesiones semanales. Se concluyó que podrían mejorar de forma segura las funciones inmunitarias sin producir ningún agotamiento<sup>28</sup>.

En otra investigación, se desarrolló un programa de entrenamiento de alta intensidad a 8 pacientes donde se evaluaron IMC, peso, contorno de cintura, perímetro de cadera y glucemia basal. Se concluyó que, si bien no se presentaron cambios significativos para esta investigación, aunque sí hubo cambios porcentuales favorables para la salud de los pacientes<sup>29</sup>.

Los resultados expuestos en esta investigación demuestran la efectividad para estas dos personas del trabajo de alta intensidad combinado con hipertrofia, a diferencia de un estudio realizado con pacientes de entre 60 y 80 años que arrojó que son más efectivos los entrenamientos aeróbicos de baja intensidad para la mejora de la fuerza que los de alta intensidad para tratar la sarcopenia post COVID-19<sup>32</sup>.

Se evidencia en esta investigación que el aumento de la masa muscular es un factor a tener en cuenta para llegar al aumento de la tasa metabólica en reposo, la cual determina la readaptación temprana de las personas, al igual que se desprende de una revisión bibliográfica donde se determina que la tasa metabólica en reposo se ve favorecida por la hipertrofia, convertida en una alternativa importante en el tratamiento del sobrepeso y la obesidad<sup>33</sup>.

## **VIII. CONCLUSIÓN:**

Con esta investigación se pudo demostrar que un plan de entrenamiento que se aplica para el tratamiento de personas con síndrome metabólico, es efectivo para la recuperación de dos pacientes que transitaron un cuadro de COVID-19, de acuerdo a los cambios observados en los siguientes parámetros: mejora en la resistencia aeróbica, aumento de los niveles de fuerza y cambios positivos en las medidas antropométricas (perímetros, pliegues, peso, índices cintura-cadera).

Si bien el tiempo de intervención fue de un lapso corto (ocho semanas), los resultados obtenidos fueron evidentes y nos demuestran que, bajo un plan de entrenamiento, con la ayuda de evaluaciones periódicas, se puede llegar a resultados que generen un impacto positivo sobre la salud de la persona.

## **IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

1. Yanai H. Metabolic Syndrome and COVID-19. *Cardiol Res.* 2020 Dec;11(6):360-365. doi: 10.14740/cr1181. Epub 2020 Nov 2. PMID: 33224380; PMCID: PMC7666594.
2. Fyhrquist F, Metsärinne K, Tikkanen I. Role of angiotensin II in blood pressure regulation and in the pathophysiology of cardiovascular disorders. *J Hum Hypertens.* 1995 Nov;9 Suppl 5:S19-24. PMID: 8583476.
3. Benavides Trujillo Maria Carolina, Pinzón Tovar Alejandro. Óxido nítrico: implicaciones fisiopatológicas. *Rev. colomb. anestesiología.* [Internet]. 2008 Apr [cited 2022 Jan 30];36 (1): 45-52. Available from: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-33472008000100007&lng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-33472008000100007&lng=en)
4. Ghisi, Gabriela Lima de Melo et al. Exercício físico e disfunção endotelial. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia* [online]. 2010, v. 95, n. 5 [Acessado 30 Janeiro 2022], pp. e130-e137. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0066-782X2010001500025>>. Epub 13 Abr 2011. ISSN 1678-4170. <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2010001500025>.
5. Miguel Franco. Sistemas metabólicos para la obtención de energía. [sede Web]. 21 de abril 2016 Disponible en: <https://youtu.be/9YaWvv7vMJw>
6. Darío F Cappa. Bajar de Peso: Que hacer... ¿Aeróbico o Pesas? [Revista en Internet]. 2004, v. 0. [Accedido 4 Febrero 2022]. Disponible en: <https://g-se.com/bajar-de-peso-que-hacer...-aerobico-o-pesas-399-sa-457cfb2713f1b8>
7. Asker Jeukendrup, William H Saris y Anton J Wagenmakers. Metabolismo de las Grasas Durante el Ejercicio: Una Revisión Parte I: Movilización de Ácidos Grasos y Metabolismo Muscular. [Revista en Internet]. 1999, v. 0. [Accedido 4 Febrero 2022]. Disponible en: <https://g-se.com/metabolismo-de-las-grasas-durante-el-ejercicio-una-revision-parte-i>

8. Burkhalter, Natalie. Evaluación de la escala Borg de esfuerzo percibido aplicada a la rehabilitación cardiaca. *Revista Latino-Americana de Enfermagem* [online]. 1996, v. 4, n. 3 [Accedido 4 Febrero 2022] , pp. 65-73. Disponible en:

<<https://doi.org/10.1590/S0104-11691996000300006>>. Epub 18 Mayo 2006. ISSN1518-8345. <https://doi.org/10.1590/S0104-11691996000300006>.

9. Cazal, Mariana & Marins, João & Natali, Antonio & Soto, Diego & Quintana, Manuel. (2019). Efecto del ejercicio físico en la tasa metabólica en reposo: aplicación el control de la obesidad. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 12. 272-277. 10.33155/j.ramd.2017.10.004.

10. Lopez Chicharro J., Vicente Campos D. HIIT De la Teoría a la Práctica. *Exercise Physiology & training Fisiología del Ejercicio*. 2018

11. Hernando JEC. Seguimiento de los pacientes con secuelas no respiratorias de la COVID-19. *FMC*. 2021 Feb;28(2):81-89. Spanish. doi: 10.1016/j.fmc.2020.11.004. Epub 2021 Feb 26. PMID: 33679125; PMCID: PMC7909903.

12. Sáenz Morales OA, Rubio AM, Yomayusa N, Gamba N, Garay Fernández M. Coagulopatía en la infección por el virus SARS-CoV-2 (COVID-19): de los mecanismos fisiopatológicos al diagnóstico y tratamiento [Coagulopathy in SARS-CoV-2 (COVID-19) virus infection: From pathophysiological mechanisms to diagnosis and treatment]. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo*. 2020 Nov 12. Spanish. doi: 10.1016/j.acci.2020.10.007. Epub ahead of print. PMCID: PMC7659516.

13. Pavón Rojas Alejandro Jarol, Cisnero Reyes Lisvan, Escalona González Sergio Orlando, Rojas Silva Osleidys, Pérez Pérez Carlos Julio. Complicaciones cardiovasculares en pacientes con la COVID-19. *Rev Cub Med Mil* [Internet]. 2021 Sep [citado 2022 Feb 04]; 50(3): e1145. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0138-65572021000300023&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572021000300023&lng=es). Epub 01-Sep-2021.

14. Alessandro L, Appiani F, Bendersky M, Borrego Guerrero B, Bruera G, Cairola P, et al. Registro argentino de manifestaciones neurológicas por coronavirus-19 (COVID-19). *Neurol argent* [Internet]. 2021 [citado el 3 de febrero de 2022];13(2):84–94. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/labs/pmc/articles/PMC8059983/>
15. Médico E. COVID-19 y patologías endócrinas [Internet]. *Tuendocrinologo.com*. [citado el 3 de febrero de 2022]. Disponible en: <http://www.tuendocrinologo.com/site/covid19ypatologiasendocrinas.html>
16. Vargas JG, Avila N, Hurtado D, Cárdenas-Roldán J, Peña D, Ortiz G. Lesión renal aguda en COVID-19: puesta al día y revisión de la literatura. *Acta Colomb Cuid Intensivo* [Internet]. 2020 [citado el 4 de febrero de 2022]; Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/labs/pmc/articles/PMC7659511/>
17. Hernando JEC. 81-89 10.1016/j.fmc.2020.11.004 Hernando Juan Enrique Cimas JEC Médico especialista en Medicina Familiar y Comunitaria, Centro de Salud deContrueces, Gijón, Asturias, España. *spa Journal Article Seguimiento de los pacientes con secuelas no respiratorias de la COVID-19*. 2021 02 26. *FMC - Form Médica Contin Aten Primaria* [Internet]. 2021 [citado el 12 de enero de 2022];28(2):81–9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/labs/pmc/articles/PMC7909903/>
18. Bello Rodríguez Berta, Sánchez Cruz Gilberto, Ferreira Pinto Alberto Campos, Báez Pérez Esther G, Fernández Morín José, Achiong Estupiñan Fernando. Síndrome Metabólico: un problema de salud con múltiples definiciones. *Rev. Med. Electrón.* [Internet]. 2012 Abr [citado 2021 Mayo 29] ; 34( 2 ): 199-213. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1684-18242012000200009&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242012000200009&lng=es).
19. Carvajal Carvajal C. Síndrome metabólico: definiciones, epidemiología, etiología, componentes y tratamiento. *Med leg Costa Rica* [Internet]. 2017 [citado el 23 de enero de 2022];34(1):175–93. Disponible en: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1409-00152017000100175](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152017000100175)

20. Hernandez JLC, Gonzalez MJC, Galiana MA, Hernandez EYR. Síndrome metabólico, un problema de salud pública con diferentes definiciones y criterios. Rev Med UV [Internet]. 2018 [citado el 5 de febrero de 2022];17(2):7–24. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=76960>
21. Endotelio: Carvajal Carvajal Carlos. El endotelio: estructura, función y disfunción endotelial. Med. leg. Costa Rica [Internet]. 2017 Dec [cited 2022 Jan 16] ; 34(2): 90-100. Available from: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1409-00152017000200090&lng=en](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152017000200090&lng=en).
22. García ML, Rodríguez YH, Pérez RAV. Fisiopatología de la lesión endotelial y las alteraciones de la coagulación en pacientes con COVID 19. Rev cienc médicas Pinar Río [Internet]. 2022 [citado el 5 de febrero de 2022];26(1):5037. Disponible en: <http://revcmpinar.sld.cu/index.php/publicaciones/article/view/5037>
23. Rodríguez--Guzmán R, Céspedes-Miranda E, Suárez-Castillo N, Guzmán-Díaz P, Dorta-Contreras A. Lesión endotelial, inmunología y neurotropismo en la fisiopatología de las complicaciones de los pacientes con la COVID-19. **Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas** [Internet]. 2021 [citado 11 Ene 2022]; 40 (2) Disponible en: <http://www.revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/1130>
24. Lopez Chicharro J, Vicente Campos D. HIIT: de la fisiología a la práctica. Impresiones Minieiro; 2018.
25. Frecuencia cardiaca [Internet]. Mi sitio. [citado el 6 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://rickyfitcoach.weebly.com/frecuencia-cardiaca.html>
26. Pale P. ¿Qué es la Escala de Borg? Un complemento en la medición del esfuerzo [Internet]. TTBIKE TRIATLÓN - POWER UP YOUR RIDE. 2020 [citado el 9 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://ttbiketrialton.com/escala-de-borg-medicion-esfuerzo/>

27. [citado el 22 de marzo de 2022]. Disponible en: <http://file:///C:/Users/villa/Downloads/380-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1664-1-10-20210318.pdf>
28. Alawna M, Amro M, Mohamed AA. Aerobic exercises recommendations and specifications for patients with COVID-19: a systematic review. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* [Internet]. 2020 [citado el 23 de abril de 2022];24(24):13049–55. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33378057/>
29. Alarcón Hormazábal M, Delgado Floody P, Castillo Mariqueo L, Thuiller Lepelegy N, Bórquez Becerra P, Sepúlveda Mancilla C, et al. Efectos de 8 semanas de entrenamiento intervalado de alta intensidad sobre los niveles de glicemia basal, perfil antropométrico y VO 2 máx de jóvenes sedentarios con sobrepeso u obesidad. *Nutr Hosp* [Internet]. 2016 [citado el 23 de abril de 2022];33(2):104. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112016000200015](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112016000200015)
30. Mongil Ruiz D. Adaptaciones fisiológicas a la pérdida de peso y factores que favorecen nuevamente la ganancia de peso. Universidad de Cantabria; 2016.
31. Entrenamiento de Fuerza y Salud: Efectos Positivos de los Cambios producidos por el Entrenamiento de Fuerza sobre la Salud [Internet]. Grupo Sobre Entrenamiento (G-SE). [citado el 23 de abril de 2022]. Disponible en: <https://g-se.com/entrenamiento-de-fuerza-y-salud-efectos-positivos-de-los-cambios-producidos-por-el-entrenamiento-de-fuerza-sobre-la-salud-746-sa-C57cfb2717e6c8>
32. Nambi, G., Abdelbasset, W. K., Alrawaili, S. M., Elsayed, S. H., Verma, A., Vellaiyan, A., Eid, M. M., Aldhafian, O. R., Nwihadh, N. B., & Saleh, A. K. (2022). Comparative effectiveness study of low versus high-intensity aerobic training with resistance training in community-dwelling older men with post-COVID 19 sarcopenia: A randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*, 36(1), 59–68. <https://doi.org/10.1177/02692155211036956>

33. De Melo Casal M, Bouzas Marins JC, Natali AJ, Vallejo Soto DF, Sillero-Quintana M. Efecto del ejercicio físico en la tasa metabólica en reposo: aplicación en el control de la obesidad. Rev Andal Med Deport [Internet]. 2019 [citado el 4 de mayo de 2022];0(Avance Online):272–7. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/336107814 Efecto del ejercicio fisico en la tasa metabolica en reposo aplicacion el control de la obesidad](https://www.researchgate.net/publication/336107814_Efecto_del_ejercicio_fisico_en_la_tasa_metabolica_en_reposo_aplicacion_el_control_de_la_obesidad)
34. Términos C. PRUEBA DEL ESCALÓN DE HARVARD [Internet]. Saludmed.com. [cited 2022 Ene 15]. Available from: [http://www.saludmed.com/LabFisio/PDF/LAB\\_F16-Harvard.pdf](http://www.saludmed.com/LabFisio/PDF/LAB_F16-Harvard.pdf)
35. Isak - the international society for the advancement of kinanthropometry [Internet]. Isak. global. [citado el 15 de enero 2022]. Disponible en: <https://www.isak.global/>
36. Researchgate.net. [citado el 15 de enero de 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/257141125\\_Composicion\\_corporal\\_en\\_nutricion\\_deportiva](https://www.researchgate.net/publication/257141125_Composicion_corporal_en_nutricion_deportiva)

## X. ANEXO

### X.a. Imágenes de los instrumentos utilizados para realizar las evaluaciones:

IMAGEN 1	Balanza Digital marca "Cormillot"	
IMAGEN 2	Oxímetro marca "Yonker" Mod YK-81C.	
IMAGEN 3	Tensiómetro digital marca "Omron"	
IMAGEN 4	Escalón de 50 cm de alto para varones y 45 cm de alto para mujeres	
IMAGEN 5	Metrónomo (Aplicación Celular : "Metrónomo Beats, Stonekick")	
IMAGEN 6	Cardiotacómetro marca "Polar"	
IMAGEN 7	Cronómetro marca "Casio"	

<p>IMAGEN 8</p>	<p>Sillón de Cuádriceps marca "FOX"</p>	
<p>IMAGEN 9</p>	<p>Prensa horizontal marca "FOX"</p>	
<p>IMAGEN 10</p>	<p>Banco plano con barra libre</p>	
<p>IMAGEN 11</p>	<p>Polea Alta marca "FOX"</p>	
<p>IMAGEN 12</p>	<p>Plicómetro marca Calibres Argentinos SR</p>	
<p>IMAGEN 13</p>	<p>Medidor óseo marca Calibres Argentinos SRL</p>	
<p>IMAGEN 14</p>	<p>Cinta métrica marca MEDNIB antropometría</p>	

IMAGEN 15

Tallimetro marca MEDNIB



## Cálculos de las Frecuencias Cardíacas Objetivos según Fórmula de Karvonen

### CASO 1:

Micro 1:

Frecuencia Cardíaca Objetivo Máxima:

$$[(220 \text{ ppm} - 39 \text{ años}) - 65 \text{ ppm}] \times 70\% + 65 \text{ ppm} = 146 \text{ ppm}$$

Frecuencia Cardíaca Objetivo Mínima:

$$[(220 \text{ ppm} - 39 \text{ años}) - 65 \text{ ppm}] \times 50\% + 65 \text{ ppm} = 123 \text{ ppm}$$

Micro 2:

Frecuencia Cardíaca Objetivo Máxima:

$$[(220 \text{ ppm} - 39 \text{ años}) - 65 \text{ ppm}] \times 80\% + 65 \text{ ppm} = 157 \text{ ppm}$$

Frecuencia Cardíaca Objetivo Mínima:

$$[(220 \text{ ppm} - 39 \text{ años}) - 65 \text{ ppm}] \times 60\% + 65 \text{ ppm} = 135 \text{ ppm}$$

Micro 3:

Frecuencia Cardíaca Objetivo Máxima:

$$[(220 \text{ ppm} - 39 \text{ años}) - 65 \text{ ppm}] \times 85\% + 65 \text{ ppm} = 163 \text{ ppm}$$

Frecuencia Cardíaca Objetivo Mínima:

$$[(220 \text{ ppm} - 39 \text{ años}) - 65 \text{ ppm}] \times 65\% + 65 \text{ ppm} = 140 \text{ ppm}$$

Micro 4:

Frecuencia Cardíaca Objetivo Máxima:

$$[(220 \text{ ppm} - 39 \text{ años}) - 65 \text{ ppm}] \times 75\% + 65 \text{ ppm} = 152 \text{ ppm}$$

Frecuencia Cardíaca Objetivo Mínima:

$$[(220 \text{ ppm} - 39 \text{ años}) - 65 \text{ ppm}] \times 55\% + 65 \text{ ppm} = 129 \text{ ppm}$$

Micro 5:

Frecuencia Cardíaca Objetivo Máxima:

$$[(220 \text{ ppm} - 39 \text{ años}) - 65 \text{ ppm}] \times 80\% + 65 \text{ ppm} = 157 \text{ ppm}$$

Frecuencia Cardíaca Objetivo Mínima:

$$[(220 \text{ ppm} - 39 \text{ años}) - 65 \text{ ppm}] \times 60\% + 65 \text{ ppm} = 135 \text{ ppm}$$

Micro 6:

Frecuencia Cardíaca Objetivo Máxima:

$$[ (220 \text{ ppm} - 39 \text{ años}) - 65 \text{ ppm} ] \times 85\% + 65 \text{ ppm} = 163 \text{ ppm}$$

Frecuencia Cardíaca Objetivo Mínima:

$$[ (220 \text{ ppm} - 39 \text{ años}) - 65 \text{ ppm} ] \times 65\% + 65 \text{ ppm} = 140 \text{ ppm}$$

Micro 7:

Frecuencia Cardíaca Objetivo Máxima:

$$[ (220 \text{ ppm} - 39 \text{ años}) - 65 \text{ ppm} ] \times 90\% + 65 \text{ ppm} = 169 \text{ ppm}$$

Frecuencia Cardíaca Objetivo Mínima:

$$[ (220 \text{ ppm} - 39 \text{ años}) - 65 \text{ ppm} ] \times 70\% + 65 \text{ ppm} = 146 \text{ ppm}$$

Micro 8:

Frecuencia Cardíaca Objetivo Máxima:

$$[ (220 \text{ ppm} - 39 \text{ años}) - 65 \text{ ppm} ] \times 80\% + 65 \text{ ppm} = 157 \text{ ppm}$$

Frecuencia Cardíaca Objetivo Mínima:

$$[ (220 \text{ ppm} - 39 \text{ años}) - 65 \text{ ppm} ] \times 60\% + 65 \text{ ppm} = 135 \text{ ppm}$$

## **CASO 2**

Micro 1:

Frecuencia Cardíaca Objetivo Máxima:

$$[ (220 \text{ ppm} - 34 \text{ años}) - 63 \text{ ppm} ] \times 70\% + 63 \text{ ppm} = 150 \text{ ppm}$$

Frecuencia Cardíaca Objetivo Mínima:

$$[ (220 \text{ ppm} - 34 \text{ años}) - 65 \text{ ppm} ] \times 50\% + 63 \text{ ppm} = 125 \text{ ppm}$$

Micro 2:

Frecuencia Cardíaca Objetivo Máxima:

$$[ (220 \text{ ppm} - 34 \text{ años}) - 63 \text{ ppm} ] \times 80\% + 63 \text{ ppm} = 160 \text{ ppm}$$

Frecuencia Cardíaca Objetivo Mínima:

$$[ (220 \text{ ppm} - 34 \text{ años}) - 65 \text{ ppm} ] \times 60\% + 63 \text{ ppm} = 136 \text{ ppm}$$

Micro 3:

Frecuencia Cardíaca Objetivo Máxima:

$$[(220 \text{ ppm} - 34 \text{ años}) - 63 \text{ ppm}] \times 85\% + 63 \text{ ppm} = 167 \text{ ppm}$$

Frecuencia Cardíaca Objetivo Mínima:

$$[(220 \text{ ppm} - 34 \text{ años}) - 65 \text{ ppm}] \times 65\% + 63 \text{ ppm} = 142 \text{ ppm}$$

Micro 4:

Frecuencia Cardíaca Objetivo Máxima:

$$[(220 \text{ ppm} - 34 \text{ años}) - 63 \text{ ppm}] \times 75\% + 63 \text{ ppm} = 155 \text{ ppm}$$

Frecuencia Cardíaca Objetivo Mínima:

$$[(220 \text{ ppm} - 34 \text{ años}) - 65 \text{ ppm}] \times 55\% + 63 \text{ ppm} = 130 \text{ ppm}$$

Micro 5:

Frecuencia Cardíaca Objetivo Máxima:

$$[(220 \text{ ppm} - 34 \text{ años}) - 63 \text{ ppm}] \times 80\% + 63 \text{ ppm} = 160 \text{ ppm}$$

Frecuencia Cardíaca Objetivo Mínima:

$$[(220 \text{ ppm} - 34 \text{ años}) - 65 \text{ ppm}] \times 60\% + 63 \text{ ppm} = 136 \text{ ppm}$$

Micro 6:

Frecuencia Cardíaca Objetivo Máxima:

$$[(220 \text{ ppm} - 34 \text{ años}) - 63 \text{ ppm}] \times 85\% + 63 \text{ ppm} = 167 \text{ ppm}$$

Frecuencia Cardíaca Objetivo Mínima:

$$[(220 \text{ ppm} - 34 \text{ años}) - 65 \text{ ppm}] \times 65\% + 63 \text{ ppm} = 150 \text{ ppm}$$

Micro 7:

Frecuencia Cardíaca Objetivo Máxima:

$$[(220 \text{ ppm} - 34 \text{ años}) - 63 \text{ ppm}] \times 90\% + 63 \text{ ppm} = 173 \text{ ppm}$$

Frecuencia Cardíaca Objetivo Mínima:

$$[(220 \text{ ppm} - 34 \text{ años}) - 65 \text{ ppm}] \times 70\% + 63 \text{ ppm} = 150 \text{ ppm}$$

Micro 8:

Frecuencia Cardíaca Objetivo Máxima:

$$[(220 \text{ ppm} - 34 \text{ años}) - 63 \text{ ppm}] \times 80 \% + 63 \text{ ppm} = 160 \text{ ppm}$$

Frecuencia Cardíaca Objetivo Mínima:

$$[(220 \text{ ppm} - 34 \text{ años}) - 65 \text{ ppm}] \times 60 \% + 63 \text{ ppm} = 136 \text{ ppm}$$