



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE POSTGRADO



**EVALUACIÓN DE LA POTENCIA MUSCULAR MEDIANTE TRES
FÓRMULAS DE LA PRUEBA DE PARARSE Y SENTARSE
RESPECTO A UN GOLD ESTÁNDAR EN UN GRUPO NORMOPESO Y
CON OBESIDAD**

CONSTANZA LORENA TORRES ÁLVAREZ

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGISTER EN FISIOLÓGÍA**

Director de Tesis: Prof. Dr.(a) Marcelo Cano Cappellacci

2022

AGRADECIMIENTOS

A mi familia y amigos

A mi tutor de tesis, Marcelo Cano, quien me orientó en todo momento durante este proceso

FINANCIAMIENTO

La presente tesis es autofinanciada

Índice

| | Pág |
|--|------------|
| 1. Resumen..... | 5 |
| 2. Abstract..... | 6 |
| 3. Abreviaturas..... | 7 |
| 4. Introducción..... | 8 |
| 5. Hipótesis..... | 15 |
| 6. Objetivo General | 15 |
| 7. Objetivos Específicos | 15 |
| 8. Diseño experimental y metodología | 16 |
| 9. Resultados | 20 |
| 10. Discusión | 37 |
| 11. Conclusión | 45 |
| 12. Bibliografía | 46 |
| 13. Anexos | 51 |

1- Resumen

La calidad muscular se refiere a la capacidad del tejido para realizar sus múltiples funciones, además evidencia reciente manifiesta que la calidad muscular tendría una mayor relevancia en el proceso de deterioro de la función física que la pérdida de masa muscular, ya que considera la pérdida progresiva de masa, fuerza y potencia muscular, proceso denominado sarcopenia. Es por esto que se ha propuesto una herramienta clínica que permite detectar a individuos en riesgo de discapacidad física basado en la calidad muscular, denominado Índice de calidad muscular (ICM), el cual estima la potencia muscular a partir de datos antropométricos y el tiempo empleado en la prueba de pararse y sentarse de la silla (PSS). El cálculo de este índice se ha utilizado principalmente para evaluar cambios músculo esqueléticos asociados al envejecimiento, sin embargo, otros factores de riesgo como la obesidad también parecen disminuir la calidad muscular, lo que se denomina obesidad sarcopénica. Se ha visto que el ICM tiene un importante valor pronóstico en la mortalidad de los sujetos y presenta una mayor fiabilidad en determinar la sensibilidad al cambio respecto a otras evaluaciones funcionales.

Si bien el ICM provee una estimación clínica de la potencia muscular de extremidad inferior, actualmente no existe un consenso respecto a cuál versión de la prueba PSS es más apropiada para la estimación de esta. Además, existe escasa literatura respecto a la relevancia del cálculo ICM en personas con obesidad de mediana edad. A partir de esto, el propósito de este estudio será comparar los valores de potencia muscular utilizando tres versiones de la prueba PSS en el cálculo del ICM en sujetos con obesidad y normopeso de mediana edad, además identificar si existe relación entre el nivel de actividad física y el ICM, y por último comparar el ICM con una nueva ecuación denominada Ecuación de Potencia Muscular de pararse y sentarse propuesta por Alcázar.

Palabras clave: Obesidad, calidad muscular, prueba pararse y sentarse de la silla, obesidad sarcopénica

2- Abstract

Muscle quality refers to tissue capacity to perform multiple functions. Recent evidence suggest that muscle quality would have a greater functional relevance in the process of physical function deterioration in loss of muscle mass, as it considers progressive loss of muscle mass, strength and power, process known as sarcopenia. Because of this condition muscle quality index (MQI) has been proposed as a clinic tool to detect individuals in risk of physical disability based on muscle quality. The MQI estimates muscle power of lower extremities through anthropometric measurements and the time needed to complete the sit-to-stand test (STS). The MQI has been used mostly in older adults with musculoskeletal changes associated to aging, however, there are other factors such as obesity that can influence muscle quality, term known as sarcopenic obesity. MQI has been shown to have an important prognostic value in mortality and presents higher reliability in determine sensitivity to change than other functional measures.

Although the MQI provides a clinical estimation of muscle power of lower extremities, at the moment no consensus exists regarding which version of the STS is more suitable for the estimation of this parameter. Also, there is few literature regarding the relevance of MQI calculation in middle-aged obese and normal weight subjects. Therefore, the purpose of this study will be to compare muscle power values using three versions of the STS in the calculation of MQI in middle-aged obese subjects. Also identify if there is a relationship between physical activity level and MQI. Lastly to compare MQI with a new equation proposed denominated STS power equation proposed by Alcázar.

Key words: Obesity, muscle quality, sit to stand test, sarcopenic obesity

3- Abreviaturas

AF = Actividad física

AVD = Actividades de la vida diaria

ATP = Adenosín trifosfato

EPOC = Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica

Grupo N = Grupo normopeso

Grupo O = Grupo con obesidad

ICM = Índice de calidad muscular

IMC = Índice de masa corporal

METS = Equivalentes metabólicos

PSS = Pararse y sentarse de la silla

PSS 5v = Pararse y sentarse de la silla 5 veces

PSS 10v = Pararse y sentarse de la silla 10 veces

PSS 1min = Pararse y sentarse de la silla 1 minuto

Seg = Segundos

4- Introducción

La obesidad se define como la acumulación excesiva o anormal de grasa corporal. En el año 2016 se estimó que un 13% de la población mundial presentaba obesidad (11% hombres y 15% en mujeres)(1). En Chile según la Encuesta Nacional de Salud (2016-2017) la prevalencia total de obesidad a nivel país fue de 31,2%, y de obesidad mórbida de un 3,2% en sujetos mayores de 18 años, siendo mayor en mujeres con un 33,7% de obesidad y un 4,7% de obesidad mórbida, mientras que en hombres la prevalencia fue de 28,6% de obesidad y 1,7% de obesidad mórbida (2).

La obesidad sarcopénica es una prioridad clínica y científica en la actualidad, ya que se ha asociado con un aumento de discapacidad en actividades de la vida diaria, mortalidad y enfermedades metabólicas(3). En el año 2018 el Grupo Europeo de trabajo sobre la sarcopenia en personas de edad avanzada (EWGSOP) realizó una revisión y actualización de conceptos relacionados a la sarcopenia, este grupo definió la sarcopenia como un trastorno músculo esquelético progresivo y generalizado asociado a un aumento de probabilidad de riesgo de caída, fracturas, discapacidad física y mortalidad. Este mismo grupo actualizó los algoritmos y estableció puntos de corte claros para el diagnóstico de sarcopenia, en donde se determina probable sarcopenia al evaluar fuerza muscular, el diagnóstico se confirma con la evaluación de la cantidad y calidad muscular, y la severidad de la sarcopenia se evalúa con pruebas de desempeño físico y funcionalidad(4). Se considera que el gold estándar para la medición de la cantidad muscular es a través de Imagen por resonancia magnética o tomografía computarizada(4). Barbat-Artigas define la sarcopenia como un proceso que se caracteriza por una pérdida de masa, fuerza y potencia muscular, estos procesos no ocurren simultáneamente, ya que se ha visto que la fuerza muscular disminuye a una mayor velocidad que la masa muscular, pero a una menor velocidad que la potencia muscular(5) (Figura1). La pérdida progresiva de estos tres componentes sugiere un deterioro progresivo de la calidad muscular(5). Cuando esta pérdida se asocia con mantenimiento o aumento de masa grasa se refiere a la condición de obesidad sarcopénica(6). La calidad muscular es un término que se utiliza

para explicar los cambios intramusculares que ocurren en el contexto del envejecimiento y la sarcopenia, ya que describe la capacidad del funcionamiento muscular(7).

Habitualmente la calidad muscular se calcula como la fuerza por unidad de masa muscular, sin embargo, existen otras características importantes que reflejan la calidad muscular tales como la arquitectura y composición muscular (tipo de fibra, contenido lipídico, capacidad del tejido conectivo para transmitir la fuerza, entre otros), es decir, hace referencia a la capacidad del tejido de realizar sus distintas funciones, incluyendo la contracción, metabolismo y conducción eléctrica, por lo tanto, describe la capacidad funcional fisiológica del tejido muscular(7)(8).

En estudios recientes se ha demostrado que los individuos con mejor calidad muscular presentan un menor riesgo de discapacidad funcional en comparación con aquellos con baja calidad muscular, por lo tanto, la calidad muscular sería un importante factor pronóstico de la discapacidad funcional y mortalidad(9).

Para determinar la calidad muscular sería importante considerar tres conceptos; la fuerza muscular, la potencia muscular por unidad de masa muscular (relativa), y la potencia muscular absoluta, por lo tanto, es necesario evaluar estos tres componentes(5).

La potencia muscular es la capacidad de realizar trabajo muscular por unidad de tiempo. Cuando se evalúa la capacidad de trabajo muscular en tiempos de medio segundo o menos se habla de potencia explosiva, mientras que tiempos mayores (12 a 60 segundos) se refiere a potencia de corto plazo(5). La potencia muscular ha demostrado ser un mayor predictor de limitación funcional que cualquier otra capacidad física, tales como fuerza muscular o capacidad aeróbica máxima(10). Además, la potencia muscular de extremidad inferior participa en múltiples tareas de la vida diaria, tales como la marcha, subir escaleras o levantarse de la silla y parece ser más dependiente de propiedades neuromusculares y tipo de fibras más que de la masa muscular (contrario a lo que ocurre con la fuerza muscular)(9)(11). Respecto a

las personas con obesidad, se han observado adaptaciones musculares tales como alteración de la función muscular (fuerza, potencia y fatiga), estructura muscular (arquitectura, tipo de fibra) y patrones de reclutamiento(12). Respecto a la potencia muscular en personas con obesidad se ha visto un aumento de la potencia absoluta, pero una disminución de la potencia por unidad de masa muscular. En el estudio de Choi et al, se determinó que la obesidad restringía la capacidad de las fibras tipo I (lentas) en la producción de potencia, ya que reportó que existe una disminución de la potencia y de la velocidad máxima de acortamiento en fibras tipo I, no así en fibras de tipo II, en personas con obesidad en comparación con personas normopeso(12). Los mecanismos que explican estas alteraciones están relacionados con perturbaciones en la estructura muscular, tales como aumento de depósitos lipídicos intra e intermuscular, disminución de la expresión de proteínas no contráctiles, alteración de la expresión de la isoforma de cadena pesada de la miosina, los cuales afectarían de manera negativa la fuerza, potencia y resistencia muscular(12).

En el estudio de Takai et al, se propone calcular la potencia muscular a partir de la altura de la silla, longitud de pierna, masa corporal, aceleración de la gravedad ($9,8\text{m/s}^2$) y tiempo obtenido en la prueba de pararse y sentarse de la silla (PSS) diez veces(13).

Es por esto que en los últimos años se ha propuesto una herramienta clínica de evaluación que permite detectar individuos en riesgo de discapacidad física basado en la calidad muscular, esta herramienta se conoce como Índice de Calidad Muscular (ICM)(13).

El ICM provee una estimación clínica de la potencia muscular de extremidad inferior, la cual en estudios previos ha demostrado verse afectado en mayor medida con el envejecimiento y la sarcopenia, además se ha correlacionado positivamente con la fuerza y área de sección transversal de los extensores de rodilla(14). El ICM estima la potencia muscular a través de la antropometría y el tiempo de pararse y sentarse en una silla, de esta manera el ICM incorpora las dimensiones del cuerpo en su cálculo,

por lo que entregaría mayor información teniendo en cuenta la gran diversidad de la masa corporal en la población humana(15). A diferencia de otras evaluaciones de calidad muscular, el ICM sería más sensible porque considera la velocidad de acortamiento muscular, reflejando la calidad de la inervación en el tejido muscular(11). Respecto a otras evaluaciones que estiman la potencia muscular existe la prueba de Wingate anaeróbico, prueba en treadmill no motorizado y prueba de subir escaleras en velocidad, sin embargo, no son pruebas aplicables a personas con discapacidad y adultos mayores(5). En el caso de las pruebas que evalúan potencia muscular relativa a la masa muscular, muchas de ellas se ven limitadas por los costos asociados, accesibilidad y factibilidad, ya que dependen de instrumentos y tecnología, como es el caso de la investigación clínica en donde se evalúa la fuerza normalizada por masa muscular, lo que podría determinarse con DXA (absorciometría de rayos X de energía dual) o TC (tomografía computarizada)(7).

Adicionalmente, se ha visto que el ICM aumenta con ejercicio resistido (con sobrecarga) en adultos mayores y presenta una mayor fiabilidad que otras mediciones funcionales (velocidad de marcha, fuerza de prensión y prueba “get up and go”)(7). El ICM por lo tanto, sería una herramienta factible de utilizar en el ámbito clínico, ya que al utilizar la prueba PSS no se requiere de espacio, materiales adicionales y calibración(10). Si bien el ICM es una evaluación diseñada originalmente para personas mayores con limitaciones físicas, con inseguridad al movimiento y/o que presenten sarcopenia(16), en estudios que están en proceso de publicación realizado por el director de este proyecto de tesis, se encontró una fuerte y positiva correlación entre el ICM y fuerza muscular extensora de rodilla, masa muscular, masa magra, fuerza de prensión, contenido mineral óseo, peak de consumo de oxígeno absoluto (VO_2 peak), presión inspiratoria máxima y minutos de actividad física vigorosa, en población joven entre 18 y 30 años, demostrando que el ICM sería una herramienta útil para ser aplicada en otros tipos de poblaciones como prueba de tamizaje en instancias de evaluación en clínica.

Además de esto, la calidad muscular se puede ver influenciada por diversos factores, además de la edad, entre ellos se encuentra el estilo de vida de la persona(9). En este sentido, la obesidad sería perjudicial en la función muscular(9). Algunos estudios han demostrado que un mayor IMC (índice de masa corporal) se asocia con una mayor masa muscular y capacidad de producir fuerza y potencia, sin embargo al normalizar los datos por masa corporal o muscular se observa una función muscular disminuida, es decir una disminución de la calidad muscular(9). Por otro lado, la actividad física (AF) y el ejercicio serían intervenciones eficaces que podrían aumentar el ICM(11). Mientras que la AF es importante para mantener el funcionamiento físico general, el ejercicio de sobrecarga ha demostrado ser una intervención efectiva para contrarrestar la debilidad y fragilidad muscular, y mejorar la fuerza, tamaño y función muscular(7). Respecto a la AF, numerosos estudios han investigado la asociación entre AF y sarcopenia a través de cuestionarios de auto reporte, en donde se ha demostrado que niveles altos de AF se asocian con un menor riesgo de sarcopenia y obesidad sarcopénica(17). Uno de los cuestionarios que se utiliza es el IPAQ, el cual evalúa comportamiento sedentario y AF durante los 7 días previos a la evaluación de auto reporte, tomando en cuenta la frecuencia, intensidad y duración de la AF, para posteriormente estimar la AF semanal a través de los equivalentes metabólicos (METS) por semana(18).

Por otra parte, el estudio de Alcazar et al, menciona que la ecuación de Takai (ICM) presenta ciertas limitaciones, dentro de las cuales menciona que la prueba PSS 10 veces puede ser una tarea fatigante y reflejaría una prueba aeróbica más que de potencia muscular, es por esto que propone otra herramienta de evaluación denominada Ecuación de potencia muscular de pararse y sentarse (STS power equation) en la cual incluye la prueba PSS 5 veces(10). En esta ecuación se consideran las características antropométricas de los sujetos y algunos principios biomecánicos básicos para estimar la potencia mecánica en la fase de ascenso de la prueba de PSS. Para esto se basa en tres supuestos: El largo de la pierna es la mitad de la estatura, el porcentaje de masa corporal que se desplaza durante la fase concéntrica es el 90% del total de la masa corporal y el tiempo en la fase concéntrica

es la mitad de la duración total de una repetición de la prueba PSS(19)(ANEXO 1). En el caso de la ecuación de Takai, esta asume que el 100% de la masa corporal total acelera durante la prueba PSS y no diferencia entre la fase concéntrica y excéntrica, por lo que podría estar subestimando la potencia de la prueba PSS, además de esto la ecuación de Takai no ha sido validada a partir de una medición válida de potencia muscular(19). En el estudio de Baltasar et al se compararon los resultados de la ecuación propuesta por Alcázar versus plataforma de fuerza para determinar potencia mecánica, si bien se encontraron algunas discrepancias respecto a los supuestos en los que se basa la ecuación de Alcázar, ambas mediciones de potencia muscular demostraron una fuerte correlación(19).

Respecto a las distintas versiones de la PSS, según la revisión de Vaidya et al, enfocada en pacientes con EPOC (enfermedad pulmonar obstructiva crónica), las versiones de corta duración serían relevantes para medir cualidades físicas que se expresan en un periodo corto de tiempo como la fuerza o velocidad, en las versiones de 10 repeticiones o 30 segundos se evaluaría la capacidad de resistencia a una alta potencia, en las versiones de 1 o 2 minutos empiezan a contribuir procesos anaeróbicos lácticos, mientras que en la versión de 3 minutos estaría involucrado el proceso aeróbico (20). Por otro lado, en la revisión de Hargreaves et al, se menciona que cuando el ejercicio se extiende por más de 1 minuto, la vía predominante de generación de ATP (Adenosín trifosfato) es la fosforilación oxidativa, y la fuente energética predominante es el glucógeno intramuscular, mientras que la contribución de la energía anaeróbica a partir de fosfocreatina y vía glicolítica ocurre entre los 6-10 segundos de ejercicio intenso(21). Respecto a la fosfocreatina, su resíntesis completa ocurriría entre los 60 y 120 segundos(21).

La prueba PSS 1 minuto se utiliza principalmente para evaluar la capacidad aeróbica en patologías respiratorias, sin embargo, el número de repeticiones obtenidas también se relaciona con fuerza muscular de extremidad inferior(22). En el caso de evaluaciones realizadas en sujetos con obesidad y sobrepeso, en el estudio de Mesinovic et al, se evaluó la sarcopenia utilizando como herramienta de evaluación la

Batería corta de desempeño físico (SPPB por sus siglas en inglés), la cual considera dentro de sus evaluaciones la prueba PSS 5 veces (23). Por otro lado, recientemente en el estudio de Nuñez-Cortes et al, se evaluó a sujetos luego de haber estado hospitalizados de manera prolongada por COVID-19, utilizando la prueba PSS 1 minuto, encontrando que esta prueba sería una mejor alternativa y más segura que otros test de campo, como el Test de marcha de 6 minutos (TM6M) (24).

Debido a que no hay un consenso respecto a cuál podría ser la mejor forma de evaluar la calidad muscular a través de la prueba de PSS en el ICM (16)(11)(14), se propone aplicar la PSS en una versión de corta duración (pararse y sentarse 5 veces), de media duración (pararse y sentarse 10 veces) y una de larga duración (pararse y sentarse 1 minuto) para determinar si se observan cambios en la potencia muscular estimada a través del ICM en sujetos con obesidad de mediana edad y comparar el mismo protocolo con sujetos normopeso. Además, determinar los diferentes niveles de dispersión de resultados respecto a la media entre los sujetos con obesidad y normopeso de mediana edad, para determinar si hay diferencias en la efectividad en el tamizaje para detectar disminución en la calidad muscular a través de la medición del ICM.

5- Hipótesis

Se encontrarán diferencias en la dispersión de los datos de la potencia muscular obtenidos a través del cálculo del ICM utilizando las pruebas PSS 5 veces, 10 veces y 1 minuto, tanto en los grupos con obesidad como normopeso.

6- Objetivo general

Comparar los valores de potencia muscular mediante diferentes versiones de la prueba PSS para el cálculo del ICM, a través del análisis manual y con video, y determinar la relación del ICM con los niveles de actividad física en sujetos con obesidad y normopeso de mediana edad.

7- Objetivos específicos

OE-1: Comparar los resultados obtenidos en las tres versiones de la prueba PSS (5 veces, 10 veces y 1 minuto) utilizando el método medición manual versus la medición realizada a través del análisis de video

OE-2: Comparar los niveles de dispersión de la potencia muscular utilizando el ICM en las tres versiones de la prueba PSS en sujetos con obesidad y normopeso de mediana edad

OE-3: Comparar la potencia muscular utilizando el ICM con las tres versiones de la prueba PSS entre sujetos con obesidad y normopeso de mediana edad

OE-4: Determinar la relación entre ICM utilizando distintas versiones de la prueba PSS (5 veces, 10 veces y 1 minuto) y el nivel de actividad física auto reportado en sujetos con obesidad y normopeso de mediana edad

OE-5: Comparar los valores de potencia muscular y la distribución de estos utilizando la fórmula de Takai y Alcázar sujetos con obesidad y normopeso de mediana edad

8- Diseño experimental y metodología

Diseño: Estudio observacional de tipo transversal

Población: Se reclutaron pacientes del “Programa de tratamiento integral de obesidad” de la Clínica Cordillera (últimos 2 años) y el grupo de sujetos normopeso se reclutó a través de invitaciones por redes sociales y aplicando mecanismo en bola de nieve.

Criterios de inclusión: Sujetos con obesidad entre 18 y 45 años, con IMC >30 kg/m². Grupo normopeso sujetos sanos entre 18 y 45 años con IMC entre 18 – 25 kg/m².

Criterios de exclusión: Sujetos con limitaciones musculoesqueléticas que impidan realizar la prueba PSS, sujetos que presenten patologías cardiovascular, respiratoria, metabólica y/o neurológicas no controladas.

En el grupo con obesidad, se realizó un screening médico previo para descartar aquellos sujetos que presenten patologías crónicas no controladas. En el caso del grupo normopeso se realizó a través de auto reporte.

Tamaño muestral: Se realizó un muestreo por conveniencia con una estrategia de llamado telefónico a los pacientes pertenecientes al “Programa de tratamiento integral de obesidad” hasta completar el tamaño muestral. Y a los sujetos del grupo normopeso a través de invitaciones por redes sociales y aplicando mecanismo en bola de nieve. Para el cálculo del tamaño muestral se utilizó la fórmula para la comparación de dos medias.

$$n = \frac{2(z_{\alpha} + z_{\beta})^2 s^2}{d^2}$$

| |
|----------------------|
| $z_{\alpha} = 1,645$ |
| $z_{\beta} = 0,842$ |
| $s^2 = 5711$ |
| $d^2 = 2273,8$ |

Se considera test unilateral, en donde se utiliza $\alpha=0,05$ y potencia $(1-\beta)$ de 0,8

Se obtiene la varianza (S^2) de los datos obtenidos de la unidad de investigación y se

estima encontrar una diferencia de un 20% del valor promedio de los datos obtenidos de la unidad de investigación. A partir de estos datos se estima un tamaño muestral de 31 sujetos, pero asumiendo pérdida muestral del 10% se reclutarán 35 sujetos para el grupo de personas con obesidad y 35 sujetos para el grupo de personas normopeso.

Mediciones:

Mediciones antropométricas: Peso y talla

Se realizó a través de una balanza digital y un estadiómetro. El IMC se calculó a partir de estas mediciones con la fórmula peso (kg)/talla (m)².

Índice de calidad muscular (ICM)

El ICM se calculó utilizando la ecuación propuesta por Takai et al:

$$ICM [Watts] = ((longitud\ de\ pierna - altura\ de\ la\ silla) \times masa\ corporal \times gravedad \times 10) / Tiempo\ prueba\ PSS$$

En donde altura de la silla(m), longitud de pierna (m) se midió con una cinta métrica desde el trocánter mayor del fémur hasta el maléolo lateral de la tibia. Gravedad (9,8 m/s²), y tiempo prueba pararse y sentarse (seg).

El protocolo de la realización de la prueba PSS se detalla en el ANEXO 2. Para determinar el orden en que se realizaron las pruebas se consideró el sustrato energético predominante en cada prueba y el tiempo de recuperación de estos (ANEXO 3). El detalle del protocolo de evaluación se explica en la Figura 6.

Para determinar la potencia muscular se utilizó como Gold Estándar la grabación de video con el programa Kinovea. La cámara se localizó perpendicular al movimiento de la persona, permitiendo describir el recorrido del centro de masa en el plano sagital. Se utilizó cronómetro para medir el tiempo de ejecución de la prueba y se ubicaron marcadores en puntos óseos de referencia del sujeto (acromion, cresta ilíaca, trocánter mayor, cabeza de la fíbula y maléolo lateral).

El inicio de la prueba PSS se determinó con la inclinación anterior de tronco, y el final de la prueba se estableció al volver a una posición erguida, luego de realizar una extensión de tronco sostenida durante la fase terminal del ciclo de PSS. Esto según lo descrito por Bollinger et al(25).

Nivel de actividad física

Se estimó el nivel de AF a través de la versión corta del cuestionario de auto reporte IPAQ. El IPAQ estima la cantidad de AF realizada los 7 días previos a la evaluación. Toma en cuenta frecuencia, intensidad y duración de la AF. Según el tipo de AF e intensidad, se asigna un valor en METS, y luego se calcula la AF semanal expresada en METS min/semana(18).

Análisis estadístico:

Los resultados fueron analizados en el programa Jamovi 2.2.5.

Se determinó la distribución normal de los datos mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks.

Respecto al análisis descriptivo, los datos que distribuyeron normal se expresaron como media (desviación estándar; DE), y si no distribuyeron normal se expresaron como mediana (mínimo – máximo).

Se consideró una significancia estadística cuando el valor de $p < 0.05$.

Para comparar los resultados entre el análisis manual y con video, si distribuyeron normal se utilizó la prueba t de student para muestras relacionados, si no distribuyeron normal se utilizó la prueba de Wilcoxon.

Para comparar los resultados entre grupo normopeso (Grupo N) y con obesidad (Grupo O), si distribuyeron normal se utilizó la prueba t de student para muestras independientes y si no distribuyeron normal se utilizó la prueba U de Mann-Whitney.

Se calculó el puntaje Z de los ICM obtenidos con las tres versiones de las pruebas PSS, tanto en el grupo total de sujetos, grupo N y grupo O. Para calcular la dispersión

de los resultados del puntaje Z, se calculó el rango, el intervalo de confianza del 95% y la mediana. Para la obtención del puntaje Z se calculó la media y desviación estándar (promedio (DE)), de los ICM PSS5v, ICM PSS10v e ICM PSS 1 min con análisis de video de la muestra de sujetos normopeso obtenida en este trabajo, compuesta por 31 sujetos.

Para el análisis de correlaciones, se utilizó la prueba de correlación de Pearson para los datos que distribuyeron normal, y la prueba de correlación de Spearman para los datos que no distribuyeron normal.

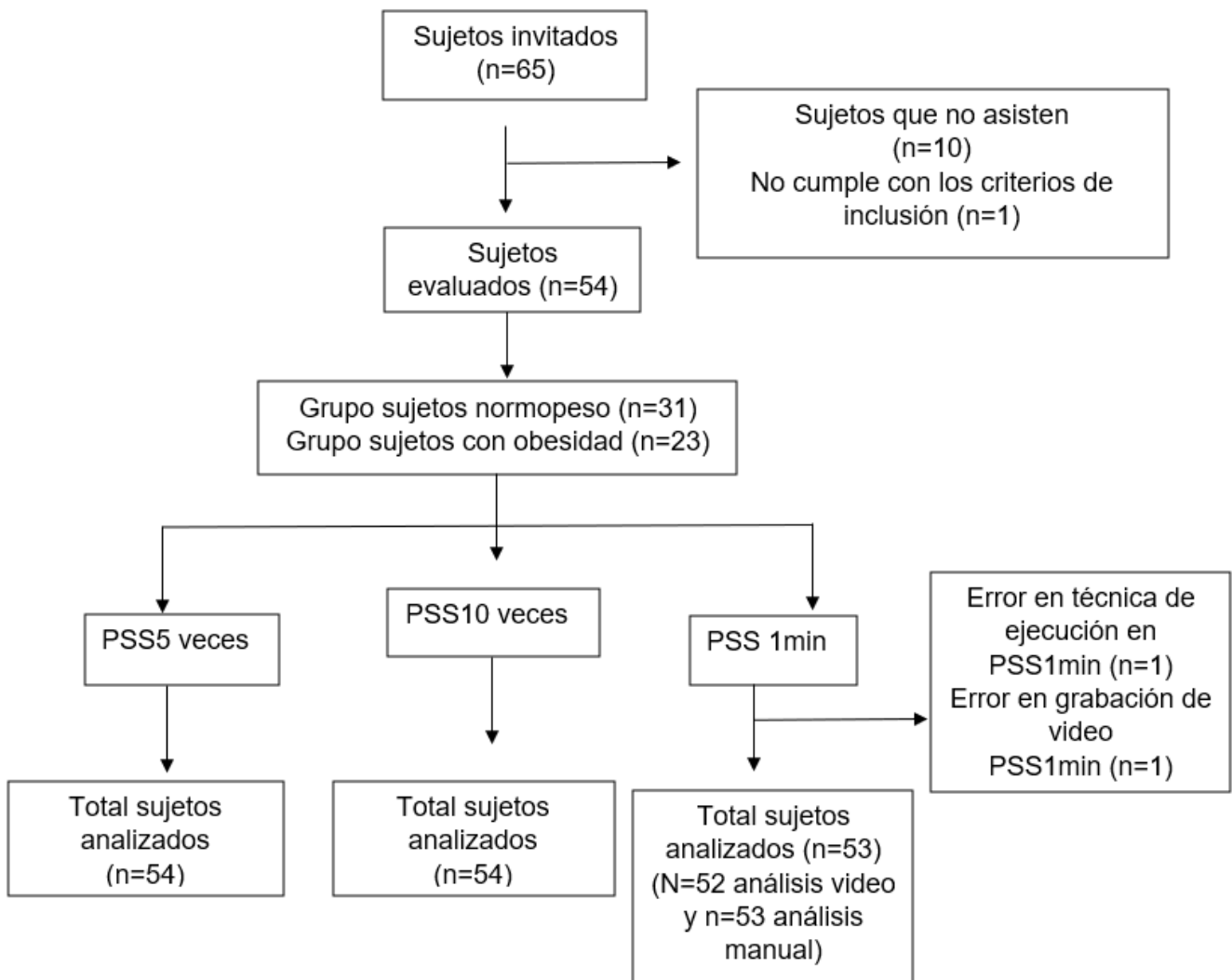
Para comparar la relación entre el sexo de los sujetos y los resultados del ICM se utilizó el análisis de varianza ANOVA de una vía para los datos que distribuyeron normal, y la prueba de Kruskal-Wallis para los datos que no distribuyeron normal.

Se utilizó la siguiente escala para determinar la magnitud del tamaño del efecto: trivial ($<0,20$); pequeño ($0,20 - 0,59$); moderado ($0,60 - 1,19$); grande ($1,2 - 2,00$) y muy grande ($>2,00$) (14).

Se utilizó el siguiente criterio para determinar la magnitud del coeficiente r: trivial ($<0,10$); pequeño ($0,1 - 0,29$); moderado ($0,30 - 0,49$); alto ($0,50 - 0,69$); muy alto ($0,70 - 0,89$) y prácticamente perfecto ($>0,90$) (14). Lo que se aplica siempre que el valor de $p < 0,05$.

9- Resultados Obtenidos

Se analizaron los datos de 54 sujetos. 10 sujetos fueron invitados a participar, pero no asistieron a la medición, 1 sujeto no cumplió con los criterios de inclusión. En la prueba de PSS1min se analizaron los datos de 53 de los 54 sujetos (53 en análisis manual y 52 en análisis con video), esto debido a que un sujeto presentó error en la técnica de la realización de la prueba PSS1min y en el segundo sujeto se presentó un error en la grabación del video.



De los 54 sujetos 31 correspondieron grupo N y 23 correspondieron al grupo O, compuesto por 17 mujeres, 14 hombres (Grupo N) y 17 mujeres, 6 hombres (Grupo O). La edad promedio fue de 28 años (Grupo N) y 32 años (Grupo O). El promedio del índice de masa corporal (IMC) fue de $22,4 \pm 1,9$ kg/m² (Grupo N) y $38,2 \pm 4,7$ kg/m² (Grupo O).

9.1 Características de los sujetos evaluados

Respecto a las características de los sujetos, según la prueba de Shapiro Wilks, la talla, IMC y longitud de pierna presentaron una distribución normal, por lo que se realizó un análisis estadístico paramétrico. La edad y el peso en los sujetos con obesidad no presentaron una distribución normal, por lo que se realizó un análisis estadístico no paramétrico. Los valores de edad, peso e IMC entre los grupos N y O presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) (Tabla 1).

Tabla 1. Características de los sujetos evaluados

| Variables | Grupo sujetos normopeso (N) (n=31) | Grupo sujetos con obesidad (O) (n=23) | p |
|-------------------------------|---|--|----------|
| Edad (años) | 28 (24 - 45) | 32 (25 - 45) | <0,001 |
| Peso (kg) | 60,4 (48,4 – 85,0) | 96,4 (81,8 – 146,0) | <0,001 |
| Talla (m) | 1,67 (0,09) | 1,63 (0,08) | ns |
| IMC (kg/m²) | 22,4 (1,9) | 38,2 (4,7) | <0,001 |
| Longitud de pierna (m) | 0,83 (0,05) | 0,82 (0,05) | ns |
| Mujeres/Hombres | 17/14 | 17/6 | - |

Los valores se expresan como media (DE). El estadístico empleado fue t-student para muestras independientes. Los valores de edad y peso se expresan como mediana (mínimo-máximo), el estadístico empleado fue U de Man-Whitney.

Análisis covariable sexo

Al haber una diferencia importante en la proporción entre hombres y mujeres, se realizó un análisis de la covariable sexo, y su relación con el ICM obtenido a través de las pruebas PSS5v, PSS10v y PSS1min (Tabla 2).

En la variable sexo, se analizó la relación entre el sexo y el ICM PSS5v, ICM PSS10v e ICM PSS1min. En el grupo total de sujetos se utilizó ANOVA de una vía para comparar la relación entre el sexo de los sujetos y los resultados del ICM PSS5v e ICM PSS10v. Se utilizó Kruskal-Wallis para comparar la relación entre el sexo de los sujetos y los resultados del ICM PSS1min.

Al analizar con ANOVA de una vía se observó que existe correlación entre el sexo y el ICM PSS5v ($p=0,004$), ICM PSS10v ($p=0,002$) e ICM PSS1min ($p<0,001$), por lo tanto, la variable sexo influye en el valor del ICM PSS5v, ICM PSS10v e ICM PSS1min.

Al analizar por grupos, en el grupo de sujetos normopeso se utilizó Kruskal-Wallis para comparar la relación entre el sexo de los sujetos y los resultados del ICM PSS5v e ICM PSS1min. Se utilizó ANOVA de una vía para comparar la relación entre el sexo de los sujetos y los resultados del ICM PSS10v en el grupo N, y el ICM PSS5v, ICM PSS10v e ICM PSS1min en el grupo O.

En el grupo N, se observó que existe correlación entre el sexo y el ICM PSS 5v ($p=0,006$), ICM PSS10v ($p=0,003$) e ICM PSS1min ($p=0,002$).

En el grupo O, se observó que existe correlación entre el sexo y el ICM PSS 10v ($p=0,043$), y no existió correlación entre el sexo y el ICM PSS5v ($p=0,075$) e ICM PSS1min ($p=0,050$).

Tabla 2. Análisis covariable sexo e ICM en el grupo total, grupo N y grupo O

| Variables | | Total (n=54) | Grupo con obesidad (n=23) | Grupo Normopeso (n=31) |
|-----------------|--------------|--------------|---------------------------|------------------------|
| Covariable Sexo | ICM PSS 5v | $p=0,004$ | $p=0,075$ | $p=0,006$ |
| | ICM PSS 10v | $p= 0,002$ | $p=0,043$ | $p=0,003$ |
| | ICM PSS 1min | $p<0,001$ | $p=0,050$ | $p=0,002$ |

ICM (índice de calidad muscular), PSS 5v (pararse y sentarse 5 veces), PSS 10v (pararse y sentarse 10 veces), PSS 1min (pararse y sentarse 1 minuto)

9.2 Resultados de las tres versiones de la prueba PSS (5 veces, 10 veces y 1 minuto) con medición manual y análisis de video

Según la prueba de Shapiro-Wilks los datos de la prueba PSS5v con video y manual, y la prueba PSS 1min con video y manual no presentaron distribución normal, por lo que se realizó un análisis estadístico no paramétrico. Los datos de la prueba PSS 10v con video y manual presentaron distribución normal, por lo que se realizó un análisis estadístico paramétrico (Tabla 2).

Tabla 2. Pruebas PSS (5 veces, 10 veces, 1 minuto) con medición manual y análisis de video

| Pruebas PSS | Manual (n=54) | Video (n=54) | p | D Cohen |
|---------------|----------------|----------------|--------|---------|
| PSS5 (seg) | 6,4 (4,1-11,8) | 6,8 (4,1–12,3) | <0,001 | -1,529 |
| PSS10 (seg) | 13,9 (3,6) | 14,4 (3,6) | <0,001 | -1,705 |
| PSS1min (rep) | 41 (25 - 70) | 40 (24 - 70) | <0,001 | 0,499 |

Los valores de PSS5v y PSS1min se expresaron como mediana(mínimo-máximo). El estadístico empleado fue Wilcoxon.

Los valores de PSS10v se expresaron como media (DE). El estadístico empleado fue t-student para muestras relacionadas.

En la prueba PSS1min se analizaron 52 datos en el análisis de video y 53 datos en el análisis manual. PSS5 (pararse y sentarse 5 veces), PSS10 (pararse y sentarse 10 veces), PSS 1min (pararse y sentarse 1 minuto).

Se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) entre el análisis manual y video en las tres pruebas PSS (5 veces, 10 veces y 1 minuto).

Se determinó que la prueba PSS 10 veces fue la que presentó un mayor tamaño de efecto (D de cohen -1,705), seguido de la PSS 5 veces (-1,529), ambas con un efecto grande, y por último la prueba PSS 1 minuto, que presentó un efecto moderado (0,499).

A partir de estos hallazgos, el resto de los resultados se obtuvieron a partir de las PSS con análisis de video.

En la prueba PSS1min se observó una diferencia de una repetición entre el análisis manual y con video, por lo que se realizó un segundo análisis para determinar si la diferencia de una repetición era estadísticamente significativa en la fórmula.

Se comparó el ICM PSS1min con el ICM PSS1min agregando una repetición adicional a la prueba PSS1min (ICM PSS1min + 1) en el grupo total de sujetos. Según la prueba de Shapiro-Wilks los datos del ICM PSS1min e ICM PSS1min + 1 no presentaron distribución normal, por lo que el estadístico empleado fue Wilcoxon. A partir del análisis se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) entre los resultados del ICM PSS1min y el ICM PSS1min + 1.

9.3 Comparación de los resultados del ICM utilizando las tres versiones de la prueba PSS (5 veces, 10 veces y 1 minuto) con análisis de video, entre el grupo N y el grupo O

Según la prueba de Shapiro-Wilks los datos del ICM PSS5v e ICM PSS1min en el grupo normopeso no presentaron distribución normal, por lo que se realizó un análisis estadístico no paramétrico. Los datos de la prueba PSS 10v en el grupo normopeso y los datos del grupo con obesidad presentaron distribución normal, por lo que se realizó un análisis estadístico paramétrico (Tabla 3).

Tabla 3. ICM obtenido utilizando las tres versiones de la prueba PSS con análisis de video en el grupo N y grupo O

| ICM | Grupo total (n=54) | | p | D Cohen |
|-------------|--------------------|-----------------|-------|---------|
| | Normopeso (n=31) | Obesidad (n=23) | | |
| ICM PSS5v | 169(87,9 – 322) | 231 (135 - 394) | 0,008 | -0,77 |
| ICM PSS10v | 193 (71,5) | 241 (68,9) | 0,016 | -0,68 |
| ICM PSS1min | 156(95,6 – 369) | 231 (132-334) | 0,016 | -0,55 |

Los valores de ICM PSS5v e ICM PSS1min en el grupo normopeso se expresaron como mediana(mínimo-máximo). El estadístico empleado fue U de Man-Whitney.

Los valores de ICM PSS10v en el grupo normopeso, ICM PSS5v, ICM PSS10v e ICM PSS1min en el grupo con obesidad se expresaron como media (DE). El estadístico empleado fue t-student para muestras independientes.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,005$) en el cálculo del ICM a partir de las tres versiones de las pruebas PSS (5 veces, 10 veces y 1 minuto) entre el grupo con obesidad y el grupo normopeso (Tabla 3).

Se determinó un tamaño de efecto moderado en el ICM PSS1min (D de Cohen -0,55), y un tamaño de efecto moderado en el ICM PSS10v (-0,68) e ICM PSS5v (-0,77).

9.4 Resultados de la correlación entre los distintos resultados obtenidos de ICM utilizando las tres versiones de la prueba PSS (5 veces, 10 veces y 1 minuto) con análisis de video

Tabla 4. Comparación de los ICM utilizando las tres versiones de la prueba PSS con análisis de video en el grupo total de sujetos, grupo N y grupo O

| ICM | | Total (n=54) | Grupo con obesidad (n=23) | Grupo Normopeso (n=31) |
|--------------|---------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| ICM PSS 5v v | ICM PSS 10v v | R= 0,951 $p < 0,001$ | R= 0,940 $p < 0,001$ | R= 0,939 $p < 0,001$ |

| ICM | | Total (n=54) | Grupo con obesidad (n=23) | Grupo Normopeso (n=31) |
|--------------|----------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| ICM PSS 5v v | ICM PSS 1min v | R= 0,910 $p < 0,001$ | R= 0,884 $p < 0,001$ | R=0,870 $p < 0,001$ |

| ICM | | Total (n=54) | Grupo con obesidad (n=23) | Grupo Normopeso (n=31) |
|----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------------|------------------------------|
| ICM PSS 10v v | ICM PSS 1min v | R= 0,937 p<0,001 | R=0,911 p<0,001 | R=0,919 p<0,001 |

PSS 5v v (pararse y sentarse 5 veces con video), PSS 10v v (pararse y sentarse 10 veces con video), PSS 1min v (pararse y sentarse 1 minuto con video). En la prueba PSS1min se analizaron 52 datos en el análisis de video y 53 datos en el análisis manual. Se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman para comparar los resultados del ICM PSS1min v en el grupo total de sujetos y en el grupo normopeso, y el ICM PSS 5v v en el grupo normopeso

Los análisis se realizaron en el grupo total de sujetos (n=54), en donde se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para comparar entre los resultados del ICM PSS5v e ICM PSS10v, y el coeficiente de correlación de Spearman para comparar entre los resultados del ICM PSS1min. Además, se realizó un análisis por grupos (N y O) en donde en el grupo N se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman para comparar entre los resultados del ICM PSS 5v e ICM PSS 1min. En el caso del grupo O se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para todos los resultados del ICM obtenido de las distintas pruebas PSS.

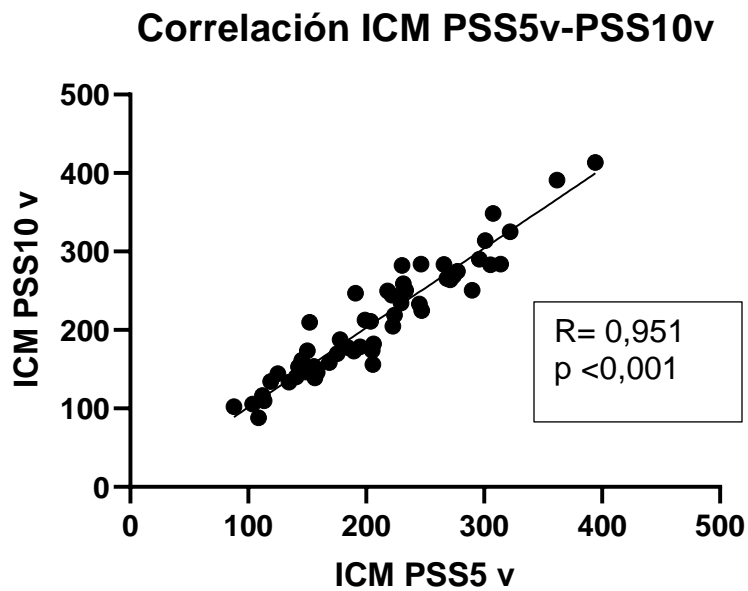
En el grupo total de sujetos se observó una alta correlación en los resultados del ICM obtenido a partir de las distintas versiones de la prueba PSS (5 veces, 10 veces y 1 minuto). En el caso del ICM en el grupo total de sujetos se observó una correlación “prácticamente perfecta” entre ICM PSS5v e ICM PSS10v (R=0,951; p<0,001), entre el ICM PSS10v e ICM PSS1min (p=0,937; p<0,001), y el ICM PSS5v e ICM PSS1min (p=0,910; p<0,001). En la Figura 2 se muestra la correlación entre el ICM obtenido con la prueba PSS 10v y el ICM con la prueba PSS 5v en el grupo total de sujetos.

En el grupo N se observó una correlación “prácticamente perfecta” entre el ICM PSS5v e ICM PSS10v (p=0,939; p<0,001), y entre el ICM PSS10v e ICM PSS1min (p=0,919; p<0,001). Se observó una correlación “muy alta” entre el ICM PSS5v e ICM PSS1min (p=0,870; p<0,001).

En el grupo O se observó una correlación “prácticamente perfecta” entre el ICM PSS5v e ICM PSS10v (R=0,940; p<0,001), y entre el ICM PSS10v e ICM PSS1min (R=0,911;

p<0,001). Se observó una correlación “muy alta” entre el ICM PSS5v e ICM PSS1min (0,884; p<0,001).

Figura 2.



Correlación entre la prueba PSS 5v v y PSS1min v (R=0,951; p=<0,001). PSS 5v v (pararse y sentarse 5 veces con video), PSS 10v v (pararse y sentarse 10 veces con video).

9.5 Resultados del puntaje Z del ICM calculado utilizando las pruebas PSS5veces, PSS10veces y PSS1min con análisis de video

Como se mencionó en el análisis estadístico, el puntaje Z se calculó a partir del promedio y la DE de la muestra de sujetos normopeso obtenida en este trabajo, compuesta por 31 sujetos. A partir de este cálculo se obtuvieron los siguientes valores de promedio y DE (promedio (DE)); ICM PSS5v (188,6 W(68,4)), ICM PSS10v (192,9W (71,5)) e ICM PSS 1min (188,2(77,1)), para calcular el puntaje Z del ICM PSS5v, ICM PSS10v e ICM PSS1min respectivamente.

Tabla 5. Puntaje Z del ICM calculado a partir de las tres versiones de la prueba PSS (5 veces, 10 veces y 1 minuto) en el grupo total de sujetos.

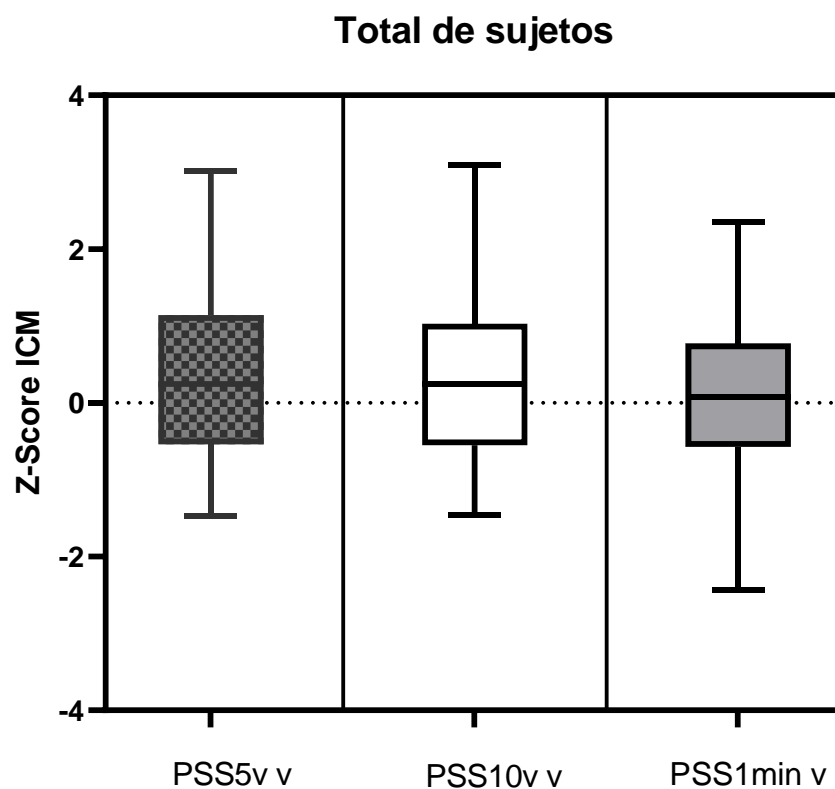
| Variables | Puntaje Z ICM PSS5v v (n=54) | Puntaje Z ICMPSS10v v (n=54) | Puntaje Z ICMPSS1min v (n=52) |
|------------------|---|---|--|
| Mediana | 0,245 | 0,245 | 0,075 |
| IC 95% | 0,04 – 0,59 | 0,01 – 0,56 | -0,16 – 0,39 |
| Rango | 4,48 | 4,55 | 4,79 |

ICM (índice de calidad muscular), PSS 5v v (pararse y sentarse 5 veces con video), PSS 10v v (pararse y sentarse 10 veces con video), PSS 1min v (pararse y sentarse 1 minuto con video) IC95% (intervalo de confianza del 95%).

A partir de los análisis de puntaje Z del ICM (Tabla 5), se observó que la mayor dispersión de los datos se obtuvo en el puntaje Z de ICM PSS1minuto con video, al analizar al grupo total de sujetos (rango 4,79; IC95% -0,16 – 0,39). Seguido del puntaje Z del ICM PSS10v (rango 4,55; IC 95% 0,01 – 0,56), y por último el puntaje Z del ICM PSS5v (rango 4,48; IC95% 0,04 – 0,59)

Los datos fueron representados en un diagrama de cajas (Figura 3).

Figura 3: Diagrama de caja representando los datos del total de sujetos



Análisis del puntaje Z del ICM obtenido a partir de las distintas versiones de las pruebas PSS (5 veces, 10 veces y 1 minuto) en el grupo total de sujetos. ICM (índice de calidad muscular), PSS 5v v (pararse y sentarse 5 veces con video), PSS 10v v (pararse y sentarse 10 veces con video), PSS 1min v (pararse y sentarse 1 minuto con video).

Los límites de las cajas representan los percentiles 25-75, y los bigotes representan el valor mínimo-máximo

9.6 Comparación de los resultados del puntaje Z del ICM calculado utilizando las pruebas PSS5v, PSS10v y PSS1min con análisis de video, entre el grupo N y grupo O

Al existir diferencias estadísticamente significativas en la edad entre el grupo N y O, se analizó la relación entre la edad y puntaje Z del ICM PSS5v, ICM PSS10v e ICM PSS1min. Se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman (ρ) para comparar la relación entre la edad de los sujetos y los resultados del puntaje Z del ICM PSS5v, PSS10v e ICM PSS1min en el grupo N y O.

En el grupo N, se observó que no hay correlación entre la edad y el puntaje Z del ICM PSS 5v ($\rho=-0,179$; $p=0,334$), entre la edad y el ICM PSS10v ($\rho=-0,165$; $p=0,374$), y tampoco entre la edad y el puntaje Z del ICM PSS1min ($\rho=-0,038$; $p=0,840$).

En el grupo O, se observó que no hay correlación entre la edad y el puntaje Z del ICM PSS10v ($\rho=0,336$; $p=0,117$), y tampoco entre la edad y el puntaje Z del ICM PSS1min ($\rho=0,226$; $p=0,301$), y una moderada correlación entre la edad y el puntaje Z del ICM PSS5v ($\rho=0,406$; $p=0,055$).

En la Tabla 6, al analizar los resultados por grupos (N y O) se encontró que el puntaje Z del ICM PSS 1 min con video presentó un mayor rango tanto en el grupo N (rango 4,79; IC95% -0,45 – 0,30) (Figura 4) como en el grupo O (rango 4,33; IC95% -0,01 – 0,77) (Figura 6), es decir, el puntaje Z del ICM utilizando la prueba PSS 1 min presentó mayor dispersión de los datos tanto en el grupo N como en el grupo O.

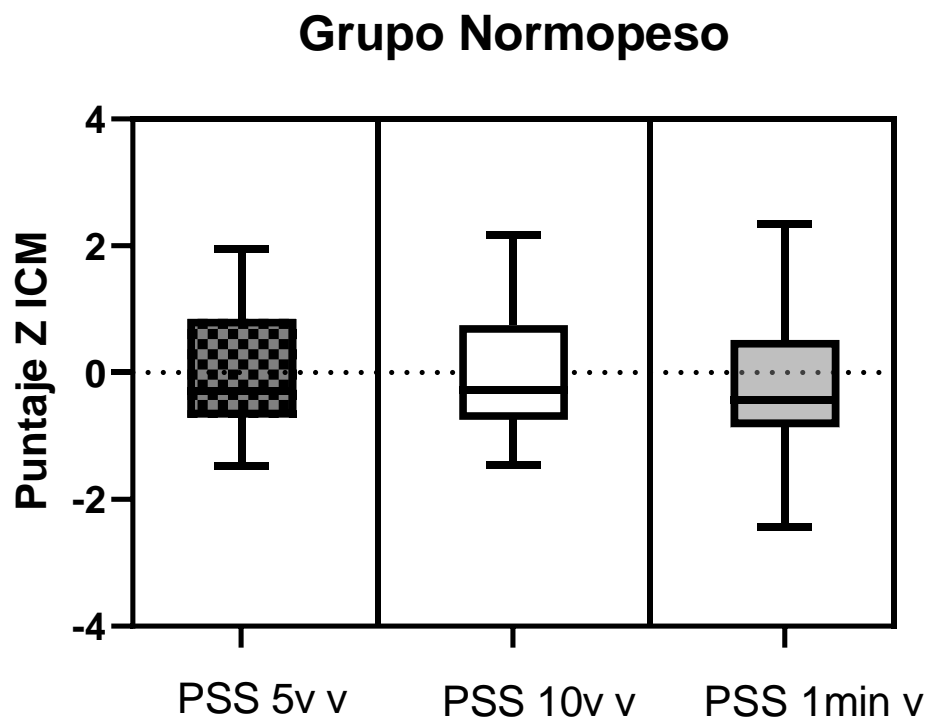
El puntaje Z del ICM que presentó menor dispersión, difirió entre ambos grupos. En el grupo N el puntaje Z del ICM utilizando la prueba PSS5v presentó la menor dispersión (rango 3,42; IC95% -0,35 – 0,35). En el grupo O se calculó el puntaje Z utilizando los datos (promedio y DE) de la muestra del grupo N de este mismo trabajo, y además se calculó el puntaje Z a partir de los datos del estudio de Valenzuela et al(9). Tomando en cuenta los valores obtenidos de la muestra del grupo N, el puntaje Z del ICM utilizando la prueba PSS5v presentó la menor dispersión (rango 3,8; IC95% 0,37-1,12). Al considerar los valores de puntaje Z obtenidos a partir de los datos del estudio de Valenzuela, el puntaje Z del ICM utilizando la prueba PSS10v presentó la menor dispersión (rango 1,44; IC95% -1,16 - -0,84).

Tabla 6. Puntaje Z del ICM calculado a partir de las tres versiones de la prueba PSS (5 veces, 10 veces y 1 minuto) en el grupo N y O

| Variables | Grupo sujetos normopeso (n=31) | | | Grupo sujetos con obesidad (n=23) | | |
|----------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| | Puntaje Z ICM PSS5v v | Puntaje Z ICM PSS10v v | Puntaje Z ICM PSS1min v | Puntaje Z ICM PSS5v v | Puntaje Z ICM PSS10v v | Puntaje Z ICM PSS1min v |
| Mediana | -0,29 | -0,27 | -0,43 | 0,61 | 0,80 | 0,55 |
| IC 95% | -0,35 – 0,35 | -0,35 – 0,35 | -0,45 – 0,30 | 0,37 – 1,12 | 0,28 – 1,07 | -0,01 – 0,77 |
| Rango | 3,42 | 3,64 | 4,79 | 3,80 | 3,92 | 4,33 |

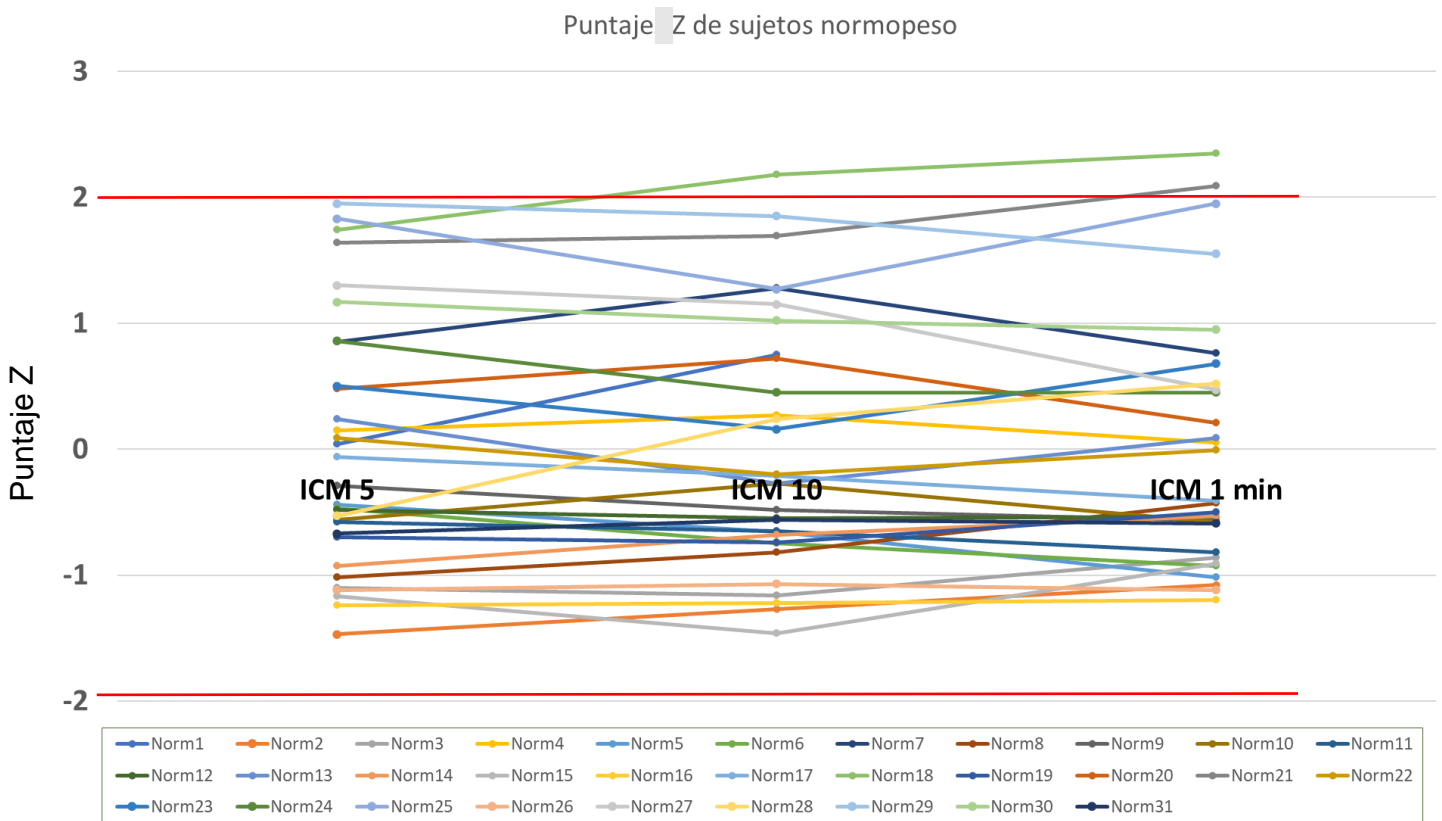
ICM (índice de calidad muscular), PSS 5v v (pararse y sentarse 5 veces con video), PSS 10v v (pararse y sentarse 10 veces con video), PSS 1min v (pararse y sentarse 1 minuto con video) IC95% (intervalo de confianza del 95%). En la prueba PSS1min se analizaron 53 datos en el análisis de video en grupo con obesidad, y 53 datos en grupo normopeso

Figura 4: Diagrama de caja representando los datos del grupo N



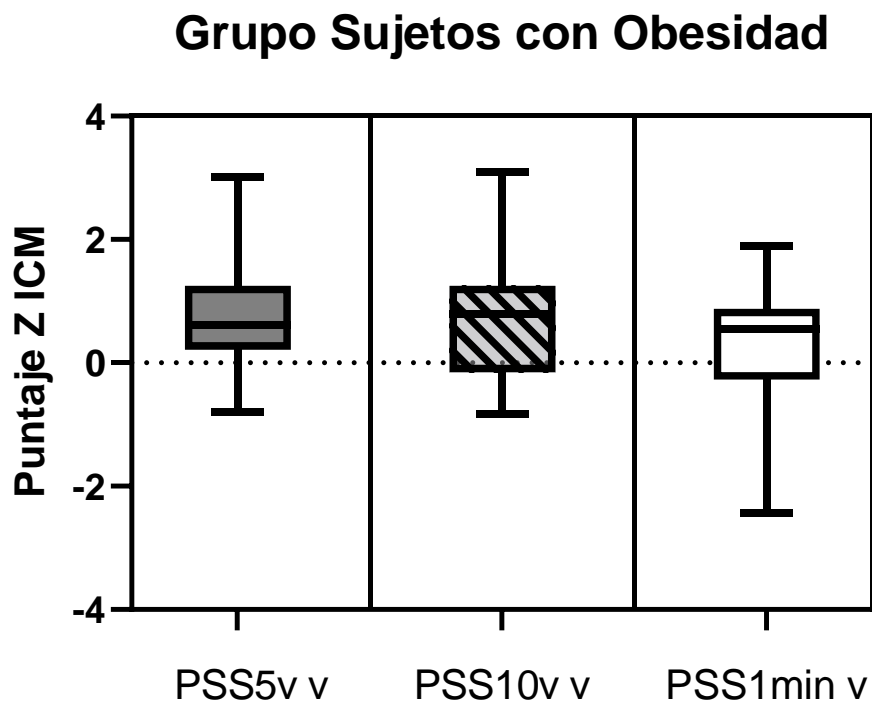
Análisis del puntaje Z del ICM obtenido a partir de las distintas versiones de la prueba PSS (5 veces, 10 veces y 1 minuto) en el grupo de sujetos con obesidad. ICM (índice de calidad muscular), PSS 5v v (pararse y sentarse 5 veces con video), PSS 10v v (pararse y sentarse 10 veces con video), PSS 1min v (pararse y sentarse 1 minuto con video). Los límites de las cajas representan los percentiles 25-75, y los bigotes representan el valor mínimo-máximo

Figura 5: Gráfico con datos individuales de puntaje Z en el grupo de sujetos normopeso



Análisis del puntaje Z del ICM con datos individuales en el grupo de sujetos normopeso, mostrando aquellos sujetos fuera de 2 DE (desviaciones estándar). Norm (normopeso), ICM (índice de calidad muscular)

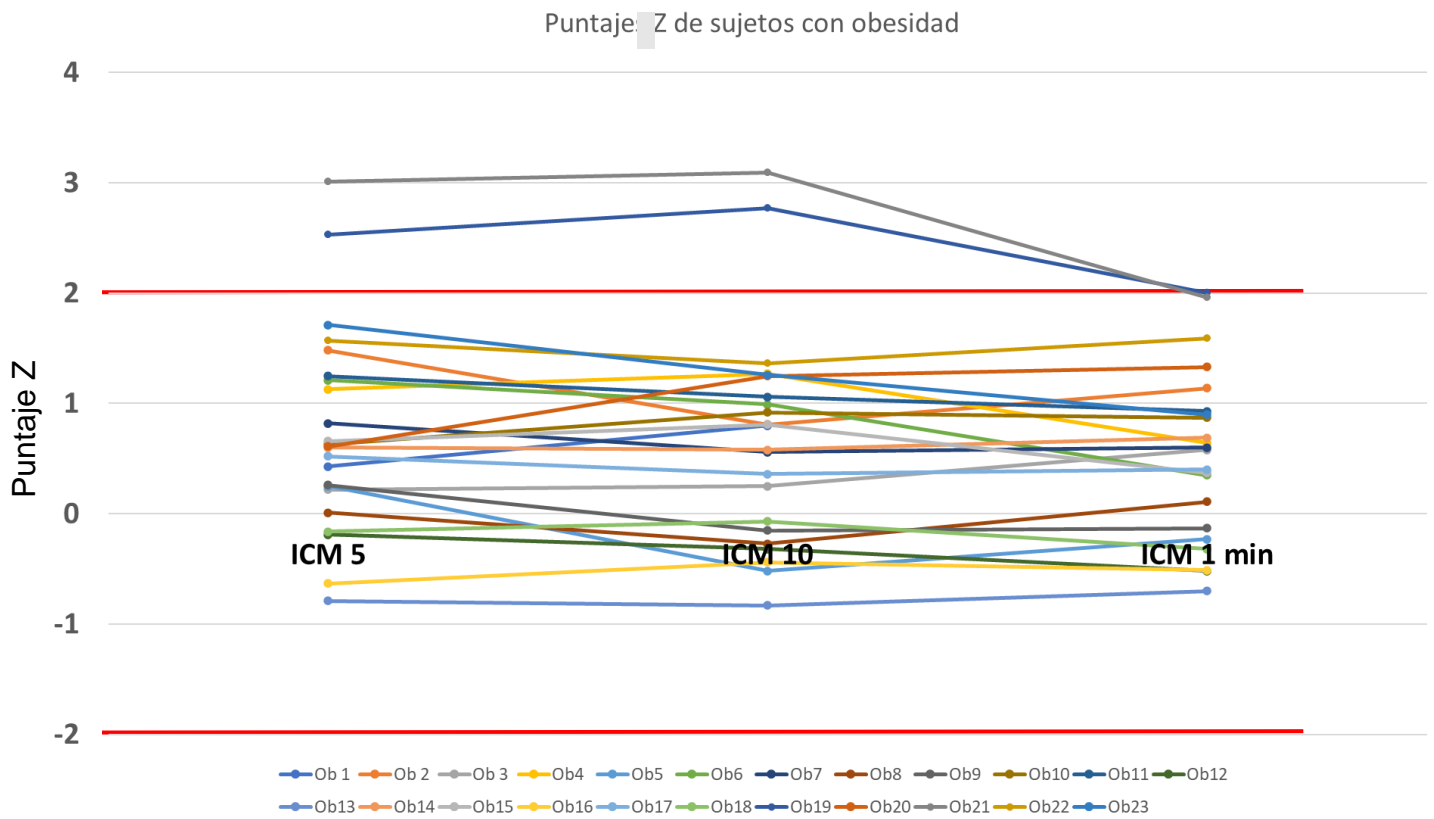
Figura 6: Diagrama de caja representando los datos del grupo O



Análisis del puntaje Z del ICM obtenido a partir de las distintas versiones de la prueba PSS (5 veces, 10 veces y 1 minuto) en el grupo de sujetos con obesidad. ICM (índice de calidad muscular), PSS 5v v (pararse y sentarse 5 veces con video), PSS 10v v (pararse y sentarse 10 veces con video), PSS 1min v (pararse y sentarse 1 minuto con video).

Los límites de las cajas representan los percentiles 25-75, y los bigotes representan el valor mínimo-máximo

Figura 7: Gráfico con datos individuales de puntaje Z en el grupo de sujetos con obesidad



Análisis del puntaje Z del ICM con datos individuales en el grupo de sujetos con obesidad, mostrando aquellos sujetos fuera de 2 DE (desviaciones estándar). Ob (obesidad), ICM (índice de calidad muscular)

9.7 Resultados de la correlación del ICM utilizando las tres versiones de la prueba PSS (5 veces, 10 veces y 1 minuto) con análisis de video y los resultados del cuestionario IPAQ

A través del coeficiente de correlación de Spearman se determinó que no hay correlación entre el cuestionario IPAQ, y los resultados del ICM obtenido con las pruebas PSS 5 veces ($\rho=-0,047$; $p=0,735$), 10 veces ($\rho=-0,034$; $p=0,809$) y 1 minuto ($\rho=-0,002$; $p=0,990$). Los análisis se realizaron en el grupo total de sujetos ($n=54$).

Al analizar por grupos (N y O) se analizó la correlación a través del coeficiente de correlación de Spearman.

Se determinó que en ambos grupos (N y O) no hay correlación entre el cuestionario IPAQ y los resultados del ICM obtenido con las pruebas PSS 5 veces (Grupo N $\rho=0,075$; $p=0,689$; Grupo O $\rho=0,037$; $p=0,868$), 10 veces (Grupo N $\rho=0,065$; $p=0,729$; Grupo O $\rho=0,033$; $p=0,883$) y 1 minuto (Grupo N $\rho=0,075$; $p=0,695$; Grupo O $\rho=0,045$; $p=0,844$).

9.8 Resultados de la correlación del ICM PSS5v con análisis de video y los resultados de la ecuación de Alcázar

A través del coeficiente de correlación de Pearson se observó una correlación “prácticamente perfecta” entre la ecuación de Alcázar y los resultados del ICM obtenido con la prueba PSS 5 veces ($R=0,963$; $p=<0,001$). Los análisis se realizaron en el grupo total de sujetos ($n=54$).

Al analizar por grupos (N y O), en el grupo N a través del coeficiente de correlación de Spearman y en el grupo O a través del coeficiente de correlación de Spearman se observó una correlación “prácticamente perfecta” entre la ecuación de Alcázar y los resultados del ICM obtenidos con la prueba PSS 5 veces (Grupo N $R=0,963$; $p=<0,001$; Grupo O $R=0,928$; $p=<0,001$).

10- Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio indican, en primer lugar, que para trabajar con las pruebas de PSS lo óptimo es trabajar con análisis de video, ya que se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el análisis manual (con cronómetro) y con video. Además de esto, el puntaje Z del ICM PSS1min al presentar una mayor dispersión de los datos, respecto a los otros puntajes Z calculados, indica que la PSS1min sería la prueba que permitiría realizar un mejor tamizaje de la calidad muscular. Sumado a esto, se demuestra que no existen diferencias en la prueba a utilizar entre el grupo N y el grupo O, ya que en ambos grupos el puntaje Z del ICM PSS1min presentó una mayor dispersión de los datos.

A partir de estos resultados se acepta la hipótesis, ya que se observaron diferencias en la dispersión de los datos de la potencia muscular obtenidos a través del cálculo del ICM utilizando las pruebas PSS 5 veces, 10 veces y 1 minuto, tanto en el grupo de sujetos con obesidad como en el grupo con normopeso.

Respecto al análisis de la tarea de pararse y sentarse con video, este se ha descrito previamente para determinar el rendimiento físico en sujetos adultos mayores y sujetos jóvenes(26). En ese estudio se determinó que es posible estimar la potencia muscular y rendimiento en adultos mayores utilizando una cámara web y marcadores, a través de la medición de la velocidad máxima de la elevación del ilíaco, parámetro que se consideró como el centro de gravedad del cuerpo(26). El análisis con video realizado en ese estudio fue de manera remota, además de esto se evaluó la tarea de pararse y sentarse en una repetición, lo cual difiere con nuestro estudio, el cual evaluó la prueba PSS en 5 veces, 10 veces y 1 minuto, y la evaluación no fue remota, por lo tanto, no es posible comparar los resultados de potencia muscular publicados en ese artículo respecto a los publicados en esta tesis.

En otro estudio se determinó que la aplicación de teléfono inteligente junto con el análisis de video presentaba validez y una alta confiabilidad para evaluar variables temporales en la tarea de pararse y sentarse en adultos mayores(27). Si bien nuestro estudio no evaluó la validez de la medición con video, al igual que el estudio mencionado, considera que la medición manual con cronómetro presentaría un mayor

error humano (retraso en el tiempo de reacción), por lo que sería más apropiado realizar el cálculo empleando el análisis de video(27).

Es importante recalcar que en ambos estudios mencionados previamente la población en estudio fue distinta a la de nuestro trabajo, ya que en estos se evaluó a adultos mayores y sujetos jóvenes (26)(27). Por otro lado, en nuestro estudio se evaluaron sujetos de mediana edad, tanto normopeso como con obesidad. Esto podría influir en los resultados obtenidos en la tarea de pararse y sentarse de la silla, ya que la potencia muscular, que refleja la velocidad con que se realizan las actividades de la vida diaria (AVD), puede verse alterada según las características de los sujetos(28). Se ha visto que la velocidad máxima de acortamiento y potencia de las fibras tipo I, pero no tipo II, se vieron disminuidas en sujetos adultos con obesidad en comparación con sujetos normopeso de la misma edad(28). Además de ello, el torque extensor de rodilla relativo a la masa corporal es aproximadamente 20-30% menor en sujetos obesos en comparación con sujetos normopeso, por lo que esta disminución de la producción de fuerza podría alterar la cinemática de las AVD(25).

A partir de los resultados de esta tesis se demostró que las tres pruebas de PSS serían opciones útiles para aplicar en la clínica y en investigación para evaluar la potencia muscular. En relación a esto, en la literatura se han validado otras ecuaciones que transforman el rendimiento de la prueba PSS en potencia mecánica, utilizando distintas versiones de las pruebas PSS(29). En un artículo se describieron cuatro ecuaciones que calculan la potencia muscular a partir de la prueba PSS luego de calcular el tiempo o número de repeticiones y datos antropométricos, estas fueron las ecuaciones de Alcázar, Takai, Ruiz-Cárdenas y Smith(29). Se utilizó la prueba PSS 5v para comparar las cuatro ecuaciones y determinar la capacidad que tenían para detectar fragilidad y velocidad de marcha en adultos mayores(29). Nuestro estudio, al igual que éste, también comparó dos ecuaciones que evalúan potencia muscular, las cuales fueron la ecuación de Takai y Alcázar utilizando la prueba PSS5v, con el objetivo de determinar si existía correlación entre ambas, viéndose que existía una alta correlación, al comparar tanto el total de sujetos, como al comparar individualmente ambos grupos

(N y O). Es importante mencionar que existen diferencias entre ambas ecuaciones en cuanto a los principios biomecánicos para su planteamiento(19). La ecuación de Takai no considera diferencias entre la fase excéntrica y concéntrica de la prueba PSS, y además asume que el 100% de la masa corporal acelera durante la prueba PSS(19). En el caso de la ecuación de Alcázar, se asume que el 90% de la masa corporal acelera durante la prueba PSS, ya que toma en cuenta que el pie y el tobillo no acelera durante la fase de ascenso, asume que la longitud de pierna es la mitad de la altura total del sujeto, y que la fase concéntrica es la mitad de la duración de una repetición de pararse y sentarse(19).

En el caso de nuestra tesis uno de los objetivos fue comparar los niveles de dispersión de la potencia muscular, a través del cálculo del puntaje Z del ICM obtenido a partir de tres versiones de la prueba PSS, y así determinar cuál prueba tendría una mayor efectividad en el tamizaje de la calidad muscular. Lo que se obtuvo como resultado fue que el puntaje Z de la prueba PSS 1min obtuvo una mayor dispersión de los datos tanto en sujetos normopeso como en sujetos con obesidad.

Los resultados de nuestra tesis podrían explicarse debido a que la prueba PSS 1min sería más demandante y generaría mayor fatiga que otras versiones de la PSS(22). Esto coincide con lo publicado previamente, donde se compararon tres pruebas de PSS (5 veces, 30 segundos y 1 minuto) para determinar cual sería mejor para evaluar la capacidad funcional de ejercicio en sujetos con EPOC, viéndose una mayor demanda en la respuesta cardiovascular y mayores cambios en la saturación de oxígeno en la prueba PSS1min(30).

En la revisión de Bohannon et al(22), se menciona que la fatiga resultante de la prueba PSS1min sería significativamente mayor a la de la prueba PSS 30 segundos, y que provocaría mayores aumentos en el lactato en sangre y en la frecuencia cardíaca. Además de esto se ha estudiado que la musculatura de la extremidad inferior se ha visto particularmente solicitada durante la prueba PSS 1min, evaluado a través escalas que miden percepción de fatiga en extremidad inferior (31). Esto reflejaría resultados

más variados en la cantidad de repeticiones en la prueba PSS1min, como se observó en esta revisión(22), en donde los resultados obtenidos entre los estudios de la revisión variaron entre 8,1 repeticiones en sujetos con accidente cerebrovascular a 50 repeticiones en sujetos de sexo masculino entre 20 y 24 años, viéndose de manifiesto que sujetos con mayor debilidad o con alguna enfermedad tendrían un peor rendimiento en la prueba en relación a sujetos jóvenes y sanos(22).

Estos resultados coinciden con los obtenidos en nuestro estudio, en donde se vio una mayor dispersión en los resultados de la prueba PSS 1min respecto a las otras pruebas de PSS (5 veces y 10 veces), tanto al evaluar al grupo total de sujetos, como al hacer la comparación por grupos (N y O). Por otro lado, es importante mencionar que un factor que podrá influir en el rendimiento de la PSS 1min, es el nivel de entrenamiento de los sujetos, ya que como lo menciona esta revisión, sujetos entrenados presentarían un aumento en las repeticiones de la prueba PSS 1min(22).

El rendimiento físico está determinado por múltiples factores, pero uno de los más importantes es la aparición de la fatiga, la cual es el resultado de una compleja interacción entre el sistema nervioso central, función neuromuscular y los procesos fisiológicos que permiten el funcionamiento en el músculo esquelético(21). La fatiga se traduce en una disminución de la capacidad de generar fuerza y potencia en el músculo esquelético, y la incapacidad para mantener el trabajo(21). Dos factores que influyen considerablemente en la aparición de la fatiga es el nivel de entrenamiento y la nutrición, que se relacionan con la disponibilidad de sustratos energéticos y productos de desecho metabólicos(21).

En cuanto a los sustratos energéticos, la contribución de estos se determina principalmente por la intensidad y duración del ejercicio(32). En actividades que presentan una duración cercana al minuto, como lo sería la prueba PSS 1min, la vía energética predominante en la generación de ATP sería la de fosforilación oxidativa, y la fuente energética predominante el glicógeno intramuscular(21). A pesar de la activación de la vía oxidativa en el músculo esquelético durante el ejercicio, las tasas elevadas de glicólisis, presente también en ejercicios cuya duración rodee los 30-90

segundos, resultan en la producción de lactato, el cual se acumula en el músculo y el torrente sanguíneo, especialmente a intensidades más elevadas de ejercicio(21). El mayor aumento en la utilización del ATP y en la vía glicolítica, junto con un aumento en el flujo de iones, podría resultar en una acidosis metabólica, lo que podría explicar la aparición de la fatiga, producto de esta acidificación intramuscular más que por disponibilidad de glucógeno(32). Esto se traduce en una declinación de la potencia durante la actividad, impactando en el proceso de acoplamiento excitación-contracción del músculo esquelético(32).

Como se mencionó anteriormente, sujetos entrenados tendrían un mejor rendimiento en la prueba PSS 1min, esto se observó en un estudio en donde se obtuvo un aumento en la cantidad de repeticiones de la prueba PSS 1min luego de un programa de rehabilitación pulmonar en sujetos con EPOC(33). En cuanto al mejor rendimiento observado en sujetos entrenados, ello podría deberse a las adaptaciones tanto a nivel cardiovascular, como a nivel musculo esquelético. Respecto a esta última, se produciría un aumento de la densidad mitocondrial, contribuyendo a una disminución de la utilización y oxidación de carbohidratos, y de producción de lactato, junto con aumento en la oxidación de grasas(21). Además, también se ve un aumento en la capacidad de oxidación de carbohidrato muscular, y un aumento en la capacidad de captación de glucosa estimulada por insulina, permitiendo una mayor capacidad de potencia durante la actividad(21)(34). Por lo tanto, el nivel de entrenamiento tiene una influencia en la selección del sustrato a utilizar(34).

Por último, en nuestro estudio se realizó una evaluación de la AF de los sujetos a través del cuestionario IPAQ, y se evaluó su relación con el ICM. Los resultados demostraron que no existió correlación entre los resultados del cuestionario IPAQ y los resultados del ICM obtenido a partir de las tres pruebas de PSS, tanto en el grupo total de sujetos, como en los grupos N y O. Estos resultados no coinciden con otros estudios que han comparado la AF y la calidad muscular; en una revisión sistemática se encontró que altos niveles de AF y bajos niveles de sedentarismo se asociaron a mayor fuerza y potencia muscular, principalmente en extremidad inferior, (35). Los métodos

de evaluación de la AF establecidos por ese estudio fueron de carácter objetivo (principalmente acelerómetro y podómetro), distinto a nuestro trabajo en el cual se utilizó cuestionario de auto reporte (IPAQ-versión corta), lo que podría explicar la diferencia en los resultados de ambos estudios.

Una de las limitaciones de los cuestionarios de auto reporte es que tienden a sobre estimar los niveles de AF(36). Esta sobre estimación de la AF se ha visto en mayor medida en sujetos con obesidad y sobrepeso(37). Además de esto, se ha visto una discrepancia significativa entre los resultados obtenidos en las mediciones de AF subjetivas y objetivas(37). En un estudio se evaluó el nivel de AF en mujeres que se sometieron a bypass gástrico, con cuestionario de auto reporte y acelerómetro, previo y posterior a la cirugía, lo que se encontró fue una sobre estimación de la AF, que fue mayor posterior a la cirugía, y además se encontró una discrepancia entre la evaluación con cuestionario y la evaluación con acelerómetro(37). Como limitante de este estudio no se especificó el cuestionario de auto reporte que se utilizó, por lo que no está claro su validez(37). Similares resultados se encontraron en otro estudio en donde se evaluó el nivel de AF y comportamiento sedentario en un grupo de adultos mayores, y se observó una pobre a moderada entre la medición con acelerómetro y evaluación con cuestionario de auto reporte (IPAQ y encuesta de AF de Yale (YPAS))(38). En sus resultados, este estudio demuestra que la concordancia entre los cuestionarios de auto reporte y la medición con acelerómetro sería muy baja, lo que se podría explicar porque ambos métodos utilizan distintos constructos para la evaluación de la intensidad de la AF(38). Además de esto, no es posible determinar a través del cuestionario IPAQ la capacidad física de los sujetos, ya que lo que se ha visto en estudios previos es que los resultados obtenidos del cuestionario IPAQ se correlacionan con la capacidad física de los sujetos, pero no es una herramienta que la evalúe de manera directa, por lo que sería más adecuado utilizar otros métodos de evaluación que midan la capacidad de ejercicio para determinar si la condición física de los sujetos influye en los resultados(39). Por ello se plantea que el uso del cuestionario IPAQ sería una de las limitaciones de esta tesis, y en futuros trabajos se

sugiere complementar ambos métodos de evaluación de AF (subjetivo y objetivo) para tener un conocimiento más detallado del nivel de AF de los sujetos(37).

Otra limitación de este estudio tiene relación con la altura de la silla, la cual podría haber influido en el rendimiento de las pruebas PSS. Se ha visto que la carga mecánica de la extremidad inferior aumenta al disminuir la altura de la silla, lo que depende además del tamaño de los sujetos(40). Este aumento se debería, entre otras cosas, al aumento del ángulo de flexión de rodilla, lo que generaría una mayor demanda del cuádriceps para extender la rodilla al momento de pasar a la posición bípeda(41). Es por esto que se recomendaría ajustar la altura de la silla al tamaño del sujeto a evaluar, ya que entregaría un resultado en condiciones más estandarizadas para los participantes, de manera independiente a su estatura, a diferencia de realizarlo con una altura de silla fija(40). Una tercera limitación es la falta de un gold estándar que permita calcular la potencia muscular, por ejemplo con plataforma de fuerza y para calidad muscular, como sería el caso del uso de DEXA o TAC, esto debido al alto costo y baja accesibilidad a este tipo de evaluaciones (7).

Por último, es importante mencionar que ambos grupos analizados no fueron semejantes entre sí, ya que presentaron diferencias significativas en la edad, además de esto hubo una diferencia importante en la proporción de hombres y mujeres.

Como proyecciones es importante mencionar que en los últimos años se han visto avances en el desarrollo de aplicaciones de teléfonos inteligentes que miden velocidad y potencia a través de la grabación con video, y pudieran ser útiles para evaluar pruebas funcionales como la PSS(42). En un estudio se vio que las aplicaciones de teléfonos móviles serían una herramienta con una alta validez para estimar potencia y velocidad en la prueba de pararse y sentarse, y que tendrían una fuerte correlación con el rendimiento en la prueba PSS 30 segundos(42). Otro estudio similar desarrolló una aplicación de teléfono inteligente con el uso de acelerómetro, que permitió estimar la fuerza de reacción del suelo generada durante el movimiento de pararse y sentarse, y evaluó su validez por medio de la medición con plataformas de fuerza, viéndose como resultado que la aplicación pudiera ser útil para medir el peak de fuerza y la duración total del movimiento de pararse y sentarse(43). Estos avances tendrían

importantes implicancias en el ámbito clínico, ya que la información se obtendría de manera rápida y confiable, además implicaría una evaluación de bajo costo en relación a otras evaluaciones (42). En futuros estudios sería importante considerar el desarrollo de aplicaciones que permitan realizar estos análisis a distancia, principalmente en el caso de adultos mayores con movilidad reducida o sujetos que presenten dificultad para visitar un centro médico(27).

Finalmente, aunque el ICM se propuso originalmente para evaluar adultos mayores, se ha visto su utilidad en sujetos que presentan otras características, como sujetos con obesidad, de mediana edad, entre otros(9). En próximos estudios sería relevante aplicar esta prueba en otros grupos de interés, como por ejemplo mujeres embarazadas, deportistas de élite y niños con distintas condiciones de salud.

11- Conclusión

El ICM es una herramienta fácil y accesible para calcular la potencia muscular, que ha demostrado su utilidad como instrumento de tamizaje para determinar el nivel de calidad muscular de los sujetos. Para el cálculo del ICM, se determinó que la prueba PSS 1min es la prueba que permitiría un mejor tamizaje de la potencia muscular, no observándose diferencias entre sujetos normopeso y con obesidad.

Para calcular los resultados de las pruebas PSS se recomienda el análisis a través de video, ya que se minimiza el error humano asociado a la medición manual con cronómetro. Por último, es importante mencionar que en este trabajo no se encontró correlación entre el ICM y el nivel de AF, sin embargo, en futuros estudios se debieran complementar los resultados obtenidos en cuestionarios de auto reporte con mediciones objetivas, como lo son el podómetro o acelerómetro, para obtener información más detallada del nivel de AF de los sujetos.

12- Bibliografía

1. Obesity and overweight [Internet]. [cited 2021 Apr 18]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
2. Ministerio de Salud. Encuesta Nacional de Salud 2016-2017 Primeros resultados. Dep Epidemiol Div Planif Sanit Subsecr Salud Pública [Internet]. 2017 [cited 2021 Apr 18];61.
3. Wagenaar CA, Dekker LH, Navis GJ. Prevalence of sarcopenic obesity and sarcopenic overweight in the general population: The lifelines cohort study. *Clin Nutr*. 2021; 40(6):4422–9.
4. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019;48(1):16–31.
5. Barbat-Artigas S, Rolland Y, Zamboni M, Aubertin-Leheudre M. How to assess functional status: A new muscle quality index. *J Nutr Heal Aging*. 2012;16(1):67–77.
6. Ciudin A, Simó-Servat A, Palmas F, Barahona MJ. Sarcopenic obesity: A new challenge in the clinical practice. *Endocrinol Diabetes y Nutr (English ed)* [Internet]. 2020;67(10):672–81.
7. Fragala MS, Kenny AM, Kuchel GA. Muscle Quality in Aging: a Multi-Dimensional Approach to Muscle Functioning with Applications for Treatment. *Sport Med*. 2015;45(5):641–58.
8. Barbat-Artigas S, Rolland Y, Vellas B, Aubertin-Leheudre M. Muscle quantity is not synonymous with muscle quality. *J Am Med Dir Assoc*. 2013;14(11):852.e1-852.e7.
9. Valenzuela PL, Maffiuletti NA, Tringali G, De Col A, Sartorio A. Obesity-associated poor muscle quality: Prevalence and association with age, sex, and body mass index. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):1–8.
10. Alcazar J, Losa-Reyna J, Rodriguez-Lopez C, Alfaro-Acha A, Rodriguez-Mañas L, Ara I, et al. The sit-to-stand muscle power test: An easy, inexpensive and portable procedure to assess muscle power in older people. *Exp Gerontol*

[Internet]. 2018;112(June):38–43.

11. Brown JC, Harhay MO, Harhay MN. The muscle quality index and mortality among males and females. *Ann Epidemiol*. 2016;26(9):648–53.
12. Bollinger LM. Potential contributions of skeletal muscle contractile dysfunction to altered biomechanics in obesity. *Gait Posture* [Internet]. 2017;56(January):100–7.
13. Takai Y, Ohta M, Akagi R, Kanehisa H, Kawakami Y, Fukunaga T. Sit-to-stand test to evaluate knee extensor muscle size and strength in the elderly: A novel approach. *J Physiol Anthropol*. 2009;28(3):123–8.
14. Jerez-Mayorga D, Delgado-Floody P, Intelangelo L, Campos-Jara C, Arias-Poblete L, García-Verazaluce J, et al. Behavior of the muscle quality index and isometric strength in elderly women. *Physiol Behav* [Internet]. 2020;227(August):113145.
15. MacHado-Payer R, Latorre-Román PÁ, Jerez-Mayorga D, Chiroso LJ, Ábalos-Medina G. Muscle Quality Index as a Predictor of Hip Osteoarthritis. *Top Geriatr Rehabil*. 2020;36(1):50–4.
16. Fragala MS, Fukuda DH, Stout JR, Townsend JR, Emerson NS, Boone CH, et al. Muscle quality index improves with resistance exercise training in older adults. *Exp Gerontol*. 2014;53:1–6.
17. Aggio DA, Sartini C, Papacosta O, Lennon LT, Ash S, Whincup PH, et al. Cross-sectional associations of objectively measured physical activity and sedentary time with sarcopenia and sarcopenic obesity in older men. *Prev Med (Baltim)* [Internet]. 2016;91:264–72.
18. Gils Contreras A, Bonada Sanjaume A, Becerra-Tomás N, Salas-Salvadó J. Adherence to Mediterranean Diet or Physical Activity After Bariatric Surgery and Its Effects on Weight Loss, Quality of Life, and Food Tolerance. *Obes Surg*. 2020;30(2):687–96.
19. Baltasar-Fernandez I, Alcazar J, Rodriguez-Lopez C, Losa-Reyna J, Alonso-Seco M, Ara I, et al. Sit-to-stand muscle power test: Comparison between estimated and force plate-derived mechanical power and their association with physical function in older adults. *Exp Gerontol*. 2021;145(November 2020).

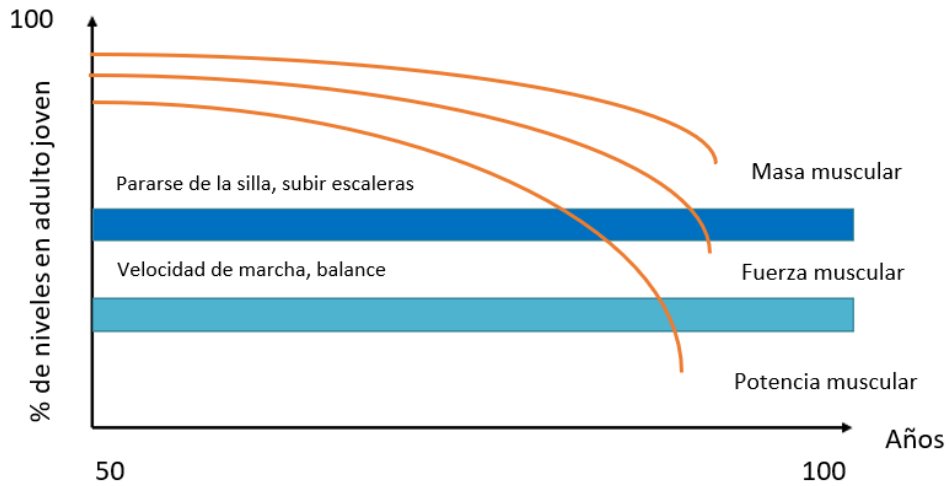
20. Vaidya T, Chambellan A, de Bisschop C. Sit-to-stand tests for COPD: A literature review. *Respir Med [Internet]*. 2017;128:70–7.
21. Hargreaves M, Spriet LL. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nat Metab*. 2020;2(9):817–28.
22. Bohannon RW, Crouch R. 1-Minute Sit-To-Stand Test: SYSTEMATIC REVIEW of PROCEDURES, PERFORMANCE, and CLINIMETRIC PROPERTIES. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2019;39(1):2–8.
23. Mesinovic J, McMillan L, Shore-Lorenti C, De Courten B, Ebeling P, Scott D. Metabolic Syndrome and Its Associations with Components of Sarcopenia in Overweight and Obese Older Adults. *J Clin Med*. 2019;8(2):145.
24. Núñez-Cortés R, Rivera-Lillo G, Arias-Campoverde M, Soto-García D, García-Palomera R, Torres-Castro R. Use of sit-to-stand test to assess the physical capacity and exertional desaturation in patients post COVID-19. *Chron Respir Dis [Internet]*. 2021;18:1479973121999205.
25. Bollinger LM, Walaszek MC, Seay RF, Ransom AL. Knee extensor torque and BMI differently relate to sit-to-stand strategies in obesity. *Clin Biomech [Internet]*. 2019;62(September 2018):28–33.
26. Kanai A, Kiyama S, Goto H, Tomita H, Tanaka A, Kunimi M, et al. Use of the sit-to-stand task to evaluate motor function of older adults using telemetry. *BMC Geriatr*. 2016;16(1):1–10.
27. Marques DL, Neiva HP, Pires IM, Zdravevski E, Mihajlov M, Garcia NM, et al. An experimental study on the validity and reliability of a smartphone application to acquire temporal variables during the single sit-to-stand test with older adults. *Sensors*. 2021;21(6):1–15.
28. Bollinger LM. Potential contributions of skeletal muscle contractile dysfunction to altered biomechanics in obesity. *Gait Posture [Internet]*. 2017;56(May):100–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.05.003>
29. Baltasar-Fernandez I, Alcazar J, Losa-Reyna J, Soto-Paniagua H, Alegre LM, Takai Y, et al. Comparison of available equations to estimate sit-to-stand muscle power and their association with gait speed and frailty in older people: Practical applications for the 5-rep sit-to-stand test. *Exp Gerontol*. 2021;156(November).

30. Morita AA, Bisca GW, Machado FVC, Hernandez NA, Pitta F, Probst VS. Best protocol for the sit-to-stand test in subjects with copd. *Respir Care*. 2018;63(8):1040–9.
31. Gephine S, Bergeron S, Tremblay Labrecque PF, Mucci P, Saey D, Maltais F. Cardiorespiratory Response during the 1-min Sit-to-Stand Test in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Med Sci Sports Exerc*. 2020;52(7):1441–8.
32. Hargreaves M, Spriet LL. Exercise metabolism: Fuels for the fire. *Cold Spring Harb Perspect Med*. 2018;8(8):1–15.
33. Vaidya T, de Bisschop C, Beaumont M, Ouksel H, Jean V, Dessables F, et al. Is the 1-minute sit-to-stand test a good tool for the evaluation of the impact of pulmonary rehabilitation? Determination of the minimal important difference in COPD. *Int J COPD*. 2016;11(1):2609–16.
34. Alghannam AF, Ghaith MM, Alhussain MH. Regulation of energy substrate metabolism in endurance exercise. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(9).
35. Ramsey KA, Rojer AGM, D’Andrea L, Otten RHJ, Heymans MW, Trappenburg MC, et al. The association of objectively measured physical activity and sedentary behavior with skeletal muscle strength and muscle power in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Res Rev*. 2021;67(September 2020).
36. Limb ES, Ahmad S, Cook DG, Kerry SM, Ekelund U, Whincup PH, et al. Measuring change in trials of physical activity interventions: A comparison of self-report questionnaire and accelerometry within the PACE-UP trial 11 Medical and Health Sciences 1117 Public Health and Health Services. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2019;16(1):1–11.
37. Possmark S, Sellberg F, Willmer M, Tynelius P, Persson M, Berglind D. Accelerometer-measured versus self-reported physical activity levels in women before and up to 48 months after Roux-en-Y Gastric Bypass. *BMC Surg*. 2020;20(1):1–10.
38. Domingos C, Santos NC. Estimates of Physical Activity in Portuguese Older Adults. 2021; 21(7):2258.
39. Papathanasiou G, Georgoudis G, Georgakopoulos D, Katsouras C, Kalfakakou

- V, Evangelou A. Criterion-related validity of the short International Physical Activity Questionnaire against exercise capacity in young adults. *Eur J Prev Cardiol*. 2010;17(4):380–6.
40. Radtke T, Hebestreit H, Puhan MA, Kriemler S. The 1-min sit-to-stand test in cystic fibrosis — Insights into cardiorespiratory responses. *J Cyst Fibros* [Internet]. 2017;16(6):744–51.
 41. Kim SH, Ju SK. Comparison of muscle activity during sit-to-stand movement at different chair heights between obese and normal-weight subjects. *J Exerc Rehabil*. 2021;17(1):9–44.
 42. Orange ST, Metcalfe JW, Liefelth A, Jordan AR. Validity of various portable devices to measure sit-to-stand velocity and power in older adults. *Gait Posture* [Internet]. 2020;76(July 2019):409–14.
 43. Cerrito A, Bichsel L, Radlinger L, Schmid S. Reliability and validity of a smartphone-based application for the quantification of the sit-to-stand movement in healthy seniors. *Gait Posture* [Internet]. 2015;41(2):409–13.

13- Anexos

13.1 Figura 1



13.1 ANEXO 1. Ecuación de Potencia Muscular de PSS (EPM de PSS) propuesta por Alcázar

$$EPM \text{ de PSS [Watts]} = (Masa \text{ corporal} \times 0,9 \times gravedad \times [altura \times 0,5 - altura \text{ de la silla}] / \text{Tiempo prueba PSS 5 veces} \times 0,1$$

13.2 ANEXO 2. Protocolo realización prueba PSS

Las mediciones de la prueba PSS se realizaron con registro audiovisual de respaldo utilizando el programa de Kinovea.

Al momento de realizar la prueba se les pidió a los sujetos que se pongan de pie y luego se sienten completamente hasta terminar las repeticiones lo más rápido posible, con los brazos cruzados sobre el pecho. Para medir el tiempo se utilizó un cronómetro con una sensibilidad de décima de segundo. La prueba empezó cuando el evaluador dijera "Ahora", y finalizó cuando el sujeto se sentó completamente. Se realizó una prueba de práctica previo al inicio de la prueba PSS con un esfuerzo submáximo para que el sujeto comprenda las instrucciones(13).

Se realizaron 3 versiones de la prueba PSS (5 veces, 10 veces y 1 minuto), las cuales se realizaron el mismo día, con dos intentos cada una y se eligió el mejor valor obtenido entre los dos intentos (realización de la prueba más rápido o más repeticiones), según lo planteado en publicaciones previas (13)(14).

Prueba PSS 5v: Se les pidió a los sujetos que se pongan de pie desde una posición sentada y luego volver a sentarse 5 veces, lo más rápido posible.

$ICM [Watts] = ((longitud\ de\ de\ pierna - altura\ de\ la\ silla) \times masa\ corporal \times gravedad \times 5) / Tiempo\ prueba\ PSS\ 5v$

Prueba PSS 10v: Se les pidió a los sujetos que se pongan de pie desde una posición sentada y luego volver a sentarse 10 veces, lo más rápido posible.

$ICM [Watts] = ((longitud\ de\ de\ pierna - altura\ de\ la\ silla) \times masa\ corporal \times gravedad \times 10) / Tiempo\ prueba\ PSS\ 10v$

Prueba PSS 1min: Se les pidió a los sujetos que se pongan de pie desde una posición sentada y luego volver a sentarse durante 1 minuto, lo más rápido posible.

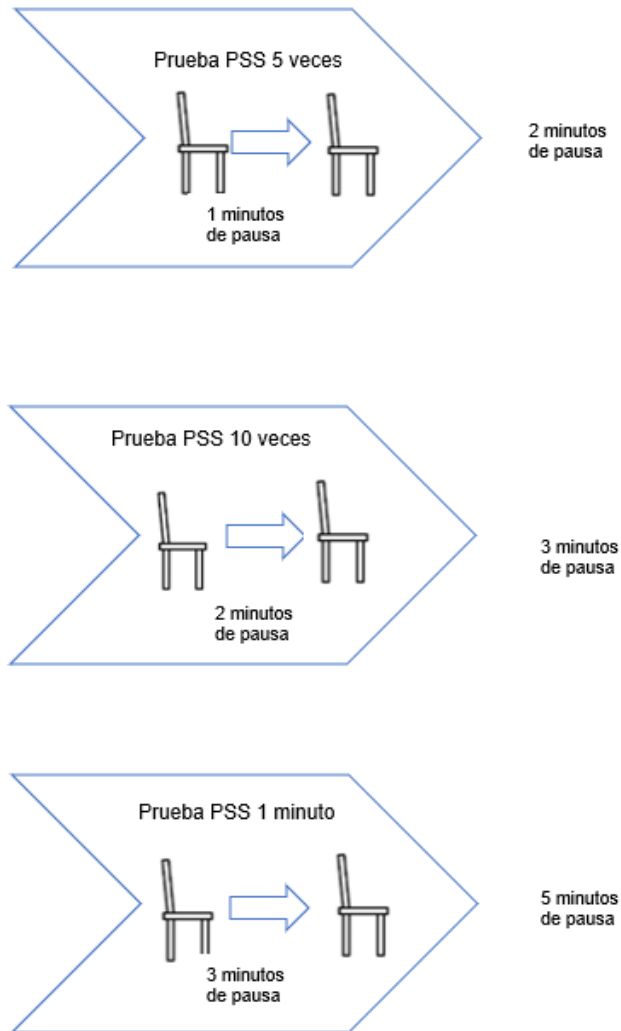
$ICM [Watts] = ((longitud\ de\ de\ pierna - altura\ de\ la\ silla) \times masa\ corporal \times gravedad \times Número\ de\ repeticiones\ en\ Prueba\ PSS\ 1min / 1\ minuto$

13.3 ANEXO 3. Determinación orden de realización de las pruebas

Según el estudio de Fragala et al, el promedio de tiempo obtenido en la prueba PSS 5 veces en adultos mayores fue de 13 segundos (16). En el caso de la prueba PSS 10 veces, según el estudio de Valenzuela et al, el promedio de tiempo obtenido en hombres y mujeres de mediana edad fue de 15 y 16 segundos respectivamente, mientras que en adultos mayores de 45 años fue de 17 y 22 segundos respectivamente(9). Por lo tanto, el sustrato energético predominante en ambos casos es la vía anaeróbica de fosfocreatina y vía glicolítica. Respecto a la fosfocreatina, su resíntesis completa ocurre entre los 60 y 120 segundos(21). Cuando el ejercicio se extiende por más de 1 minuto, la vía predominante de generación de ATP es la fosforilación oxidativa, y la fuente energética predominante es el glucógeno intramuscular (21).

El orden de realización de las pruebas PSS se realizó de manera aleatoria por sorteo. Se realizaron 2 minutos de pausa entre cada intento de las pruebas PSS. Se realizaron 2 minutos de descanso posterior a la prueba PSS 5v, 3 minutos de descanso posterior a la prueba PSS 10v y 5 minutos de descanso posterior a la prueba PSS 1min (Figura 5).

13.4 ANEXO 4. Protocolo de evaluación prueba PSS (Figura 6)



Prueba PSS

13.5 ANEXO 5. Consentimiento informado

“EVALUACIÓN DE LA POTENCIA MUSCULAR MEDIANTE TRES FÓRMULAS DE LA PRUEBA DE PARARSE Y SENTARSE RESPECTO A UN GOLD ESTÁNDAR EN UN GRUPO NORMOPESO Y CON OBESIDAD”

Nombres de los Investigadores: Constanza Lorena Torres Álvarez y Marcelo Antonio Cano Cappellacci.

Institución: Facultad de Medicina - Universidad de Chile.

Teléfono: (+56) 2 2978 6424

Invitación a participar: Le estamos invitando a participar en el proyecto de investigación “Evaluación de la potencia muscular mediante tres fórmulas de la prueba pararse y sentarse respecto a un gold estándar en un grupo normopeso y con obesidad”, cuyo propósito es comparar los valores de potencia muscular utilizando tres versiones de la prueba pararse y sentarse de la silla (PSS) en el cálculo del índice de calidad muscular (ICM) en sujetos con obesidad de mediana edad, además identificar si existe relación entre el nivel de actividad física y el ICM, y por último comparar el ICM con una nueva ecuación propuesta denominada STS power equation. El motivo de este proyecto se sustenta en que actualmente no existe un consenso respecto a cuál versión de la prueba PSS es más apropiada para la estimación de la potencia muscular. Además, existe escasa literatura respecto a la relevancia del cálculo ICM en personas con obesidad de mediana edad.

Objetivos: Esta investigación tiene por objetivos general comparar los valores de potencia muscular utilizando el ICM sobre distintas variables en sujetos con obesidad de mediana edad. El proyecto incluirá a un número total de 35 personas del programa de tratamiento integral de obesidad de Clínica Cordillera.

Procedimientos: Si Ud. acepta participar será sometido, por un período de 1 día a los siguientes procedimientos:

- 1) Medición peso corporal y altura
- 2) Medición longitud de pierna con cinta métrica
- 3) Evaluación prueba de pararse y sentarse de la silla, 5 veces, 10 veces y en 1 minuto
- 4) Registro nivel de actividad física a través del cuestionario de auto reporte IPAQ

Riesgos: La realización de las pruebas de pararse y sentarse de la silla no debería producir efectos indeseados.

Costos: Este proyecto no tiene costo alguno para los participantes durante el desarrollo de este proyecto. Todos los análisis necesarios serán autofinanciados.

Beneficios: Además del beneficio que este estudio significará para el progreso del conocimiento, su participación en este estudio le traerá los siguientes beneficios: conocer su índice de calidad muscular para estimar su potencia muscular y estimar su nivel de actividad física a través de un cuestionario de auto reporte.

Se pondrá a disposición de cada participante los resultados obtenidos.

Compensación: Los participantes no recibirán ninguna compensación económica por su participación en el estudio, pero tampoco deberán incurrir en gastos de ninguna naturaleza. Como principal compensación recibirán los resultados de sus evaluaciones.

Confidencialidad: Toda la información derivada de su participación en este estudio será conservada en forma de estricta confidencialidad. Cualquier publicación o comunicación científica de los resultados de la investigación será completamente anónima.

Información adicional: Usted será informado si durante el desarrollo de este estudio surgen nuevos conocimientos o complicaciones que puedan afectar su voluntad de continuar participando en la investigación.

Voluntariedad: Su participación en esta investigación es totalmente voluntaria y se puede retirar en cualquier momento comunicándolo al investigador, sin que ello signifique modificaciones en el estudio. De igual manera el investigador podrá determinar su retiro del estudio si consideran que esa decisión va en su beneficio.

Complicaciones: En el improbable caso de que usted presente complicaciones directamente dependientes de la realización de las evaluaciones que se realizarán, usted recibirá el tratamiento médico completo de dicha complicación, financiado por los responsables del proyecto, y sin costo alguno para usted o su sistema previsional.

Derechos del participante: Usted recibirá una copia íntegra y escrita de este documento firmado. Si usted requiere cualquier otra información sobre su participación en este estudio puede comunicarse con:

Constanza Lorena Torres Álvarez, Fono +569-98278240

Marcelo Cano Cappellacci, Fono +569-98293094

Otros Derechos del participante: En caso de duda sobre sus derechos debe comunicarse con el Presidente del “Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos”, Dr. Manuel Oyarzún G., Teléfono: 2-978.9536, Email: comiteceish@med.uchile.cl, cuya oficina se encuentra ubicada a un costado de la Biblioteca Central de la Facultad de Medicina, Universidad de Chile en Av. Independencia 1027, Comuna de Independencia.

Conclusión: Después de haber recibido y comprendido la información de este documento y de haber podido aclarar todas mis dudas, otorgo mi consentimiento para participar en el proyecto “Evaluación de la potencia muscular mediante tres fórmulas de la prueba pararse y sentarse respecto a un gold estándar en un grupo normopeso y con obesidad”.

Nombre del sujeto
Rut.

Firma

Fecha

Nombre de informante
Rut.

Firma

Fecha

13.6 ANEXO 6. Aprobación Comité de Ética SSMO



Servicio de Salud Metropolitano Oriente
Comité de Ética Científico

PROTOCOLO DE APROBACIÓN DE PROYECTOS CLÍNICOS

Con fecha 05 de Octubre de 2021, el CEC del S.S.M. Oriente analizó y aprobó el proyecto de Tesis para optar al Grado Magister en Fisiología de Universidad de Chile Facultad de Medicina Escuela de Postgrado, titulado:

"Evaluación de la potencia muscular mediante tres fórmulas de la prueba de pararse y sentarse respecto a un gold estándar en un grupo normopeso y con obesidad"

y que conducirá como Investigador Principal Constanza Torres Álvarez, con la colaboración como Co-investigador de:

- Dr. Marcelo Antonio Cano Cappellacci.

para llevarse a cabo en Clínica Cordillera, ubicada en Av. Alejandro Fleming 7889, Las Condes, Región Metropolitana

Se analizó y aprobó el siguiente documento del Proyecto de Investigación :

- Proyecto de investigación " Evaluación de la potencia muscular mediante tres fórmulas de la prueba de pararse y sentarse respecto a un gold estándar en un grupo normopeso y con obesidad."
- Consentimiento Informado para el estudio " Evaluación de la potencia muscular mediante tres fórmulas de la prueba de pararse y sentarse respecto a un gold estándar en un grupo normopeso y con obesidad, fechado por el CEC del S.S.M. Oriente el 05 de Octubre de 2021.

Tomó conocimiento de:

- CV del Investigador Principal: Constanza Torres Álvarez.
- CV del Co-investigador y Director de Tesis : Dr. Marcelo Antonio Cano Cappellacci
- Carta compromiso del investigador principal: Constanza Torres Álvarez, de fecha 12 de Septiembre de 2021.
- Carta compromiso del Tutor de: Dr. Marcelo Antonio Cano Cappellacci.

- Evaluación metodológica firmado por la Dra. Julia Guerrero, Coordinadora Programa Magister en Fisiología, de fecha 12 de Agosto de 2021.

Envío a usted la nómina de los miembros permanentes del CEC del S.S.M. Oriente al 05 de Octubre de 2021:

| | | |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Dr. Ricardo Vacarezza Y | Bioeticista (Presidente) | No institucional |
| Dr. Lientur Taha M. | Neurocirujano (Vicepresidente) | Inst. Nac. de Neurocirugía |
| Dra. M. Esther Meroni L. | Geriatra (Secretaria) | No institucional |
| EU Elena Núñez M. | Coordinadora | No institucional |
| Dr. Rómulo Melo Monsalve | Neurocirujano | Inst. Nac. de Neurocirugía |
| Dr. Manuel Sedano Lorca | Gineco-Obstetra | Hospital Dr. Luis Tisné |
| Dr. Jorge Plasser Troncoso | Cirujano- Oncólogo | Hospital del Salvador |
| Dr. Pablo Vera Barroso | Médico Cirujano | Hospital del Salvador |
| Dr. Andrés Stuardo Luengo | Neurólogo | Hospital del Salvador |
| Sra. Angélica Sotomayor | Abogado | No institucional |
| Sr. Hugo Gutiérrez Guerra | Miembro de la Comunidad | No institucional |

Dra. Maria Esther Meroni Layes
Secretaria



Santiago, 05 de Octubre de 2021