



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS MÉDICAS, ODONTOLÓGICAS Y DE LA SALUD

FACULTAD DE MEDICINA

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
**MAESTRO EN CIENCIAS MÉDICAS**

Correlación entre la composición corporal y la funcionalidad  
muscular en una muestra de pacientes adultos

PRESENTA

ODIN VITE ASENSIO

TUTOR DE TESIS:

DR. MIGUEL FRANCISCO HERRERA HERNÁNDEZ

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS MÉDICAS, ODONTOLÓGICAS Y DE LA  
SALUD

Ciudad Universitaria, Ciudad de México, Mayo, 2021



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

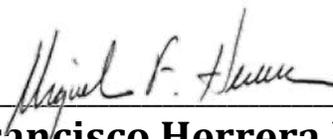
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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



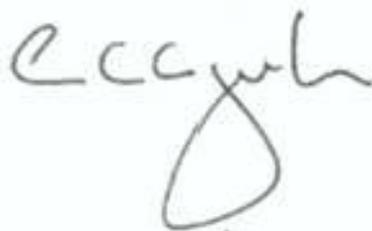
---

**Odin Vite Asensio**  
**Alumno**



---

**Dr. Miguel Francisco Herrera Hernandez**  
**Tutor**



---

**Dr. Carlos A. Aguilar Salinas**  
**Responsable Entidad Academica**

## ÍNDICE

<b>1. Introducción</b>	<b>4</b>
<b>2. Antecedentes</b>	<b>5</b>
<b>3. Planteamiento del problema</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Pregunta de investigación</b>	<b>11</b>
<b>4. Justificación</b>	<b>11</b>
<b>5. Objetivos</b>	<b>11</b>
<b>6. Hipótesis de investigación</b>	<b>12</b>
<b>7. Diseño metodológico</b>	<b>12</b>
<b>8. Criterios de Selección</b>	<b>12</b>
<b>9. Metodología</b>	<b>13</b>
<b>10. Consideraciones éticas</b>	<b>17</b>
<b>11. Resultados</b>	<b>17</b>
<b>12. Discusión y conclusiones</b>	<b>60</b>
<b>13. Referencias</b>	<b>67</b>
<b>14. Anexo 1: consentimiento informado y autorización</b>	<b>73</b>

## 1. Introducción

El sobrepeso y la obesidad se han convertido en un problema real de salud pública en México, ya que son padecimientos que afectan a más del 70% de la población adulta, con predominio en el sexo femenino. <sup>(1)</sup>

El costo en salud de estos padecimientos se refleja en mayor riesgo de tener enfermedades crónicas no trasmisibles (cardiovasculares, cáncer de diferentes tipos, osteoarticulares, metabólicas, etc. )<sup>(2)</sup>, las cuales son las que contribuyen a la mayor cantidad de años vividos con discapacidad de las 291 condiciones investigadas en el estudio del costo global de las enfermedades del 2010<sup>(3)</sup>. Esto perjudica la calidad de vida a mediano plazo de los pacientes al generar también una repercusión en el ámbito económico familiar, mediante el incremento en el gasto en salud, que se hace aún mayor cuando se combina el efecto de la obesidad y las dificultades de movilidad <sup>(4)</sup>.

La primera línea de tratamiento del sobrepeso y los grados menores de obesidad sin comorbilidades es el cambio hacia una dieta adecuada al estilo de vida y aumento en la actividad física y ejercicio<sup>(8)</sup>, ya que el efecto obesogénico del comportamiento sedentario puede estar mediado tanto por una dieta excesiva como por niveles bajos de actividad física y ejercicio<sup>(9)</sup>.

La obesidad esta asociada a la reducción de la movilidad individual, lo cual puede favorecer aun más un estilo de vida sedentario. Así las actividades de la vida diaria pueden estar limitadas no únicamente por un exceso de acumulación de grasa, si no también debido a factores biomecánicos <sup>(18)</sup>.

Tanto el ejercicio aeróbico como el ejercicio de fuerza han demostrado beneficios en el tratamiento del sobrepeso y obesidad <sup>(10)</sup>, inclusive ayudando a mantener la masa libre de grasa con la disminución de peso corporal<sup>(11)</sup>. En este sentido, existen muchas guías y referencias sobre los distintos programas de ejercicio que se pueden prescribir para ayudar en la pérdida de peso o para evitar la re ganancia del

mismo; sin embargo hacen falta guías que, por un lado, tengan como fundamento la relación entre el programa sugerido y el mejoramiento de la movilidad<sup>(12)</sup> y por otro, promuevan el tipo de ejercicio dependiendo de la composición corporal del paciente; por ejemplo, un paciente con un índice de masa libre de grasa bajo con relación al peso, se podría beneficiar más de un programa de aumento de masa muscular en primera instancia; y de igual manera, el paciente con un índice de masa libre de grasa normal o alto para el peso, podríamos enfocar el esfuerzo en ejercicio aeróbico para incrementar la beta oxidación y acelerar la pérdida de masa grasa. Además, participar en un programa de ejercicio regular, tiene resultados favorables en salud física y psicológica, además de reducir los efectos negativos de sobrepeso y obesidad, es decir, además de contribuir a la pérdida de masa grasa, también está relacionado a contrarrestar los efectos negativos que la acumulación de ésta produce; inclusive síntomas depresivos y de ansiedad <sup>(13)</sup>.

## **2. Antecedentes**

Al abordar el estudio de la obesidad como un problema de exceso de grasa corporal y no solamente como aumento de peso, es necesario descomponer el peso corporal al menos en 2 componentes, masa grasa y masa libre de grasa, ya que existen personas que pueden tener un índice de masa corporal elevado a expensas de la masa muscular y la repercusión a la salud es diferente que cuando es a expensas de grasa. De igual manera, podemos tener un índice de masa corporal considerado como sano (IMC 18-24.9 kg/m<sup>2</sup>), pero una masa libre de grasa disminuida, es decir, un exceso de grasa con sarcopenia, aún teniendo un peso considerado como sano. Para estandarizar la cantidad de masa grasa y masa libre de grasa, se calculan dos cocientes, el índice de masa grasa y el índice de masa libre de grasa que resultan de la división de sus valores (expresados en kilogramos) entre el cuadrado de la estatura (expresado en metros). Los valores del índice de masa grasa que se utilizan como referencia son los que se señalan en la tabla 1<sup>(5)</sup>.

Tabla 1.- Rangos de clasificación del índice de masa grasa (kg/m<sup>2</sup>)

Género	Normal	Exceso de grasa	Obesidad grado 1	Obesidad grado 2	Obesidad grado 3
Masculino	3-6	>6-9	>9-12	>12-15	>15
Femenino	5-9	>9-13	>13-17	>17- 21	>21

Los valores de referencia del índice de masa libre de grasa van de acuerdo con el IMC entre el peso normal y el límite inferior de obesidad grado 1 (es decir, peso normal y sobrepeso), siendo los percentiles 25, 50 y 75 los que se presentan en la tabla 2.

Tabla 2.- Índice de masa libre de grasa para hombres y mujeres de 25-69 años con IMC 18.5-30 kg/m<sup>2</sup> (6).

Género	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75
Masculino	17.89	19.16	20.37
Femenino	15.11	15.96	16.86

Otra manera de estandarizar la relación entre masa grasa y masa libre de grasa es el cociente de estas dos cantidades, ya que el costo doble del exceso de grasa y masa libre de grasa disminuida puede representar un mayor riesgo de síndrome metabólico, enfermedad cardiovascular y discapacidad, así como mayor afectación para la realización de actividades de la vida diaria en comparación con aquellos pacientes con composición corporal normal o únicamente una de las dos masas alteradas (masa grasa elevada o masa libre de grasa disminuida). Los valores esperados del cociente masa grasa/ masa libre de grasa son los que se presentan en la tabla 3 (7).

Tabla 3.- Cociente masa grasa / masa libre de grasa esperado de acuerdo con el índice de masa corporal<sup>7</sup>

Índice de masa corporal (kg/m <sup>2</sup> )	Población general (media $\pm$ DE)	Masculino	Femenino
<18.5	0.24 $\pm$ 0.08	0.18 $\pm$ 0.06	0.27 $\pm$ 0.07
18.5-24.9	0.36 $\pm$ 0.12	0.27 $\pm$ 0.08	0.44 $\pm$ 0.10
25-29.9	0.46 $\pm$ 0.15	0.35 $\pm$ 0.08	0.61 $\pm$ 0.17
30-39.9	0.62 $\pm$ 0.19	0.43 $\pm$ 0.09	0.76 $\pm$ 0.11
$\geq$ 40	0.83 $\pm$ 0.20	0.57 $\pm$ 0.11	0.93 $\pm$ 0.14

El médico especialista en medicina de la actividad física y deportiva, encargado de la prescripción de ejercicio para la salud y la enfermedad, debe indicar ejercicio basado también en las capacidades físicas de los pacientes, ya que actividades de la vida diaria como viajar, el autocuidado o realizar movimientos en espacios públicos pueden resultar difíciles o imposibles a pacientes con obesidad severa<sup>(14)</sup> asociada tanto a obesidad general y obesidad abdominal <sup>(15)</sup> así como sus preferencias, accesibilidad y horarios, ya que, para lograr mejor adherencia al programa, éste debe estar ajustado a la forma de vida de los pacientes.

Existen muchas razones por las que la adherencia a un programa de ejercicio físico en un paciente con sobrepeso u obesidad es baja, que pueden ser factores externos como dificultad de acudir a una instalación deportiva, o los horarios laborales, o factores propios del paciente como disgusto al ejercicio, malestar físico, aburrimiento, falta de motivación o dificultad para la movilidad física debido al exceso de peso (aunado a posibles enfermedades osteoarticulares).

La prescripción de ejercicio entonces debe tomar en cuenta el acceso a instalaciones deportivas, la disponibilidad de horario, preferencias de uso de ropa deportiva, así como limitantes físicas que pueden o no estar relacionados con padecimientos asociados; por esto, la valoración de pruebas funcionales puede orientarnos hacia las posibilidades físicas al prescribir un programa de ejercicio.

La valoración de la fuerza, coordinación, equilibrio y resistencia aeróbica son de gran ayuda en la prescripción inicial del ejercicio, ya que la discapacidad física, una de las complicaciones más costosas de la obesidad es, muchas veces, pasada por alto <sup>(16,17)</sup> y el identificarlas, permiten realizar programas que reducen la dificultad en el paciente y repercuten en una mayor adherencia al ejercicio. En un paciente con una baja coordinación o mala resistencia aeróbica, será difícil que tenga adherencia a un programa de ejercicio que requiera desplazamientos como caminar, y se podría beneficiar de ejercicios mas estáticos o en aparatos como bicicleta fija. De igual manera, aquellos pacientes con fuerza deficiente en piernas o problemas de equilibrio tendrán mayor beneficio con una prescripción inicial de trabajo en agua o en aparatos, que disminuyan la carga de peso y así evitar molestias en los miembros inferiores. Por otro lado, pacientes con fuerza muscular disminuida en piernas, además de índice de masa libre de grasa relativamente bajo, serian más beneficiados en un principio con un programa de fortalecimiento general y después trasladarlo a un programa de ejercicio aeróbico.

La mayoría de los estudios sobre funcionalidad física y obesidad se desarrollan en adultos mayores o con obesidad grado 3 sin incluir a los adultos jóvenes, que son quienes a mediano o largo plazo pueden modificar la composición corporal para evitar la dependencia y la incapacidad física en la tercera edad ya que la obesidad en adultos y jóvenes esta asociada a reportes de discapacidad y baja funcionalidad física en etapas tardías de la vida<sup>(19)</sup>. Por esta falta de estudios, no se conoce el impacto de las diferentes categorías del índice de masa corporal en adultos de mediana edad y, por otro lado, la mayoría de los estudios relacionados a este grupo

de edad se basan en auto-reportes de funcionalidad, sin tener mediciones objetivas de la misma <sup>(20)</sup>.

Aunque se ha reportado que las personas con obesidad y sobrepeso tienen habilidades funcionales reducidas en comparación con personas de peso normal <sup>(21)</sup>, no está bien establecido si la razón es una masa grasa excesiva, masa libre de grasa disminuida o por masa libre de grasa normal o inclusive elevada pero poco funcional. Una posible explicación es que el exceso de masa grasa modifica la geometría adhiriendo masa pasiva a diferentes regiones, lo que modifica la biomecánica en actividades de la vida diaria, causando limitaciones y posiblemente mayor riesgo de lesiones <sup>(22)</sup>.

La funcionalidad está asociada con mejor calidad de vida y la obesidad se asocia de manera importante con una baja calidad de ésta <sup>(23)</sup>. Existen muchas pruebas para evaluar la funcionalidad física, que miden diferentes cualidades y/o capacidades y pueden ir desde pruebas de laboratorio a pruebas complejas de campo. Para la evaluación de la funcionalidad en diferentes áreas, es posible tomar 5 pruebas que abarcan la independencia en la vida diaria, el gesto de caminar y girar, la fuerza en miembros inferiores, mantener el equilibrio y la resistencia al esfuerzo. Estas 5 pruebas se engloban en las pruebas del calcetín, agilidad, equilibrio estático monopodal, prueba de sentadillas y la prueba de caminata en 6 minutos.

La posibilidad de valorar la forma en que una persona realiza actividades de la vida diaria con independencia permite tener un parámetro de la calidad de vida que presenta. Por ejemplo, restricciones en el sistema músculo esquelético para vestirse o asearse no permiten tener independencia total de vida. Por esto la valoración de la “prueba del calcetín”, que es una realización del gesto de ponerse un calcetín de manera estandarizada, nos indica restricción de este sistema muscular y la habilidad de predecir limitaciones de actividad física después de un año <sup>(24)</sup>.

Los valores en la prueba de agilidad se incrementan conforme aumenta la edad y el índice de masa corporal en conjunto <sup>(25)</sup>, sin embargo, es importante conocer la forma en la que el tiempo se modifica en los diferentes rangos de peso, eliminando el factor de edad avanzada para lograr una prescripción adecuada de ejercicio como coadyuvante en el tratamiento del sobrepeso y obesidad.

La acumulación desproporcionada de tejido adiposo en algunas regiones del cuerpo provoca alteraciones en la alineación corporal, reduciendo consecuentemente el balance y actuando como un factor importante de riesgo de caídas y lesiones musculoesqueléticas <sup>(26)</sup>.

La edad, género, altura y peso explican el 66% de la variabilidad en la distancia de la prueba de caminata de 6 minutos <sup>(27)</sup> la cuál es una prueba que se utiliza para medir la capacidad de marcha de una persona<sup>(28)</sup>, y permite valorar su independencia en actividades de la vida diaria, medir su capacidad de caminar cortas, medianas o largas distancias para realizar su vida sin limitantes de este tipo<sup>(31)</sup>. El gesto deportivo de caminar requiere balance, control del tronco y movimientos coordinados de las extremidades superiores e inferiores. El exceso de grasa modifica la geometría corporal al adicionar masa pasiva a diferentes regiones e influenciar la biomecánica de las actividades de la vida diaria, causando limitaciones funcionales y probable predisposición a lesiones <sup>(30,31)</sup>.

La dificultad al caminar puede ser el primer signo de disfunción física, y los problemas de movilidad se han reportado como predictor de mortalidad por cualquier causa <sup>(24)</sup>.

Esta prueba ha mostrado una alta reproducibilidad en pacientes obesos ( $r= 0.95$ ) y validez en relación con pruebas en cicloergómetros ( $r=0.58$ ) <sup>(24)</sup> y puede ser un indicador en estudios clínicos y cuidados de esta población <sup>(32,33)</sup>.

### **3. Planteamiento del problema**

Las guías de prescripción de ejercicio para el tratamiento de la obesidad y sobrepeso no toman en cuenta el impacto que tiene la composición corporal en la movilidad del paciente, por lo que conocer el grado de asociación que tienen ayudará al médico del deporte a prescribir un programa de ejercicio más adecuado a cada paciente.

#### **3.1 Pregunta de investigación**

¿Cuál es el nivel de correlación que existe entre la composición corporal y las pruebas de funcionalidad en pacientes con peso sano, sobrepeso y los diferentes grados de obesidad?

### **4. Justificación**

Conocer el impacto que tienen el índice cintura / cadera, índice de masa grasa, índice de masa libre de grasa, el cociente entre estos y el índice de masa corporal en las pruebas de movilidad, permitirá enfocar las acciones para mejorar esa parte de la composición corporal (aumentar masa muscular o disminuir masa grasa como primera intervención médico-deportiva) y poder tener un mejor pronóstico en la pérdida de peso, riesgo cardiovascular y adherencia al ejercicio a mediano y largo plazo.

### **5. Objetivos**

- Objetivo general
  - Evaluar la correlación que existe entre la composición corporal y 5 pruebas de funcionalidad en pacientes con diferente composición corporal y clasificaciones de Índice de masa corporal.
- Objetivos específicos
  - Correlacionar los diferentes índices de composición corporal (índice de masa corporal, índice de masa grasa, índice de masa libre de grasa y cociente masa grasa/masa libre de grasa) con 5 pruebas de

funcionalidad (prueba del calcetín, agilidad, equilibrio, sentadillas y caminata de 6 minutos).

- Identificar un modelo de regresión lineal que asocie las correlaciones encontradas.
- Evaluar el porcentaje de variación que tienen cada una de las pruebas de funcionalidad evaluadas con respecto a la variación en la composición corporal.
- Estimar, a través de regresión lineal simple o múltiple, el valor de cada una de las pruebas de funcionalidad evaluadas a partir de la composición corporal.

## **6. Hipótesis de investigación**

Existe correlación entre la composición corporal y las pruebas de funcionalidad, de manera que conforme aumentan los índices relacionados a la masa grasa menor será la funcionalidad, y conforme aumentan los índices relacionados a la masa libre de grasa, mejor será la funcionalidad del paciente.

## **7. Diseño metodológico**

Se trata de un estudio observacional, analítico, transversal.

## **8. Criterios de selección**

- Criterios de inclusión:
  - Pacientes de 20-55 años que acudieron a tratamiento al Centro de nutrición, obesidad y alteraciones metabólicas del Centro médico ABC
  - Sexo masculino y femenino.
  - Sedentarios (sin actividad física programada de 3 o más días por semana y por más de 20 minutos al día en los últimos 6 meses previos al estudio).

- Criterios de exclusión:
  - Pacientes sin marcha autónoma o limitación severa de la misma.
  - Pacientes con diagnóstico de deficiencia visual severa y/o auditiva con afectación de equilibrio.
  - Pacientes que no desearon participar en el estudio.
- Criterios de eliminación
  - Pacientes que no terminen las pruebas de funcionalidad.

## 9. Metodología

Se utilizó muestreo no probabilístico de conveniencia, ya que se invitó a participar a pacientes que buscaron tratamiento en el Centro de nutrición, obesidad y alteraciones metabólicas del Centro médico ABC, tratando de incluir 20 pacientes (10 de cada sexo) en cada categoría del IMC (peso normal, sobrepeso, obesidad grado 1, obesidad grado 2 y obesidad grado 3) en un rango de edad de 20 a 55 años. En la evaluación se incluyeron datos demográficos, peso, talla, composición corporal por densitometría, y pruebas de funcionalidad física.

Las pruebas de funcionalidad realizadas fueron:

- **Prueba del calcetín** (hacer la mímica de ponerse un calcetín de forma estandarizada).

El paciente, sentado en una mesa de exploración y sin que sus pies toquen el piso, se solicitó que levantara una pierna en el eje coronal y tratar de alcanzar con los dedos de sus pies con las yemas de sus dedos de las manos. El pie evaluado no debió alcanzar a tocar la mesa de exploración en ningún momento. En caso de que se modificara la técnica, se apoyara el pie o el paciente utilizara alguna maniobra para facilitar la prueba, se repitió la explicación y nuevamente se realizó la evaluación.

Para la calificación, se consideran 0 puntos si el paciente pudo tocar con las yemas de los dedos de las manos, los dedos de los pies. Se calificó 1 punto si el paciente pudo tocar el metatarso con las yemas de los dedos. Se dieron

2 puntos si el paciente pudo llegar al maléolo con las yemas de los dedos y 3 puntos si el paciente pudo llegar solamente hasta la pantorrilla. Se realiza 3 veces y se registra el mejor intento.

- **Prueba de equilibrio estático monopodal:**

Con las manos en la cintura, y con los ojos abiertos se solicitó al paciente que levantara un pie y realizara flexión de cadera y rodilla a 90°. Debió mantenerse en esta posición el mayor tiempo posible, considerando que, si bajaba el pie o despegaba las manos de la cintura, la prueba terminaba y se paraba el reloj. La duración máxima de la prueba es de 60 segundos. Se registró el mayor tiempo después de 3 intentos (posterior a una prueba de reconocimiento).

- **Prueba de Sentadillas** (levantarse y sentarse en una silla durante 30 segundos)

La prueba consiste en pararse y sentarse el mayor número de veces de una silla que se encuentre pegada a la pared. El paciente debe poner sus manos en el pecho cruzadas a nivel del carpo, y deberán permanecer ahí por toda la prueba, sin posibilidad de apoyarse en la silla o en los muslos para realizar el esfuerzo. Se registró el número de sentadillas que realizó, partiendo de la posición sentado y debiendo levantarse completamente antes de volver a la posición inicial. Las repeticiones que no se realizaron de forma correcta no se contaron. Y si la última repetición que sucedió al final del tiempo, fue más allá de la mitad del camino, también se contabilizó.

- **Prueba de agilidad** (levantarse de una silla, caminar 3 metros y volver a sentarse)

El paciente inicia sentado en una silla, y deberá levantarse, caminar 3 metros lo más rápido posible, sin correr, y regresar a sentarse nuevamente. La prueba inicia con la señal de arranque y termina en cuanto el paciente se

sienta nuevamente en su silla. Se realizaron dos intentos, y se registró el de menor tiempo realizado.

- **Prueba de caminata de 6 minutos (6MW)**

El objetivo de la prueba es caminar la mayor distancia posible durante 6 minutos en un rectángulo marcado y que tenga un par de sillas en cada lado. El paciente no debe correr ni hablar durante la prueba. El paciente puede descansar cuantas veces lo necesite en las sillas colocadas a ambos lados del rectángulo. Se anuncia cuando hayan 3 minutos de la prueba y a los 2 y 1 minutos restantes. Al término de los 6 minutos, deberá permanecer en el lugar a esperar a que se registre su distancia.

❖ **Variables**

- **Variables dependientes:**

- Prueba del calcetín (variable ordinal)
- Prueba de equilibrio monopodal (variable dimensional)
- Prueba de sentadillas (variable dimensional)
- Prueba de agilidad (variable dimensional)
- Prueba de caminata de 6 min (variable dimensional)

- **Variables independientes:**

- Índice cintura / cadera (variable dimensional)
- Índice de masa corporal (variable dimensional)
- Índice de masa grasa (variable dimensional)
- Índice de masa libre de grasa (variable dimensional)
- Cociente masa grasa / masa libre de grasa (variable dimensional)

#### ❖ **Estrategia general del estudio:**

- a. En la valoración inicial del paciente por medicina del deporte, se determinaron los criterios de elegibilidad del paciente y se invitó a participar en el estudio
- b. El médico del deporte explicó los objetivos del estudio.
- c. Los pacientes que desearon participar firmaron el consentimiento informado y el médico del deporte entregó las indicaciones para las pruebas de funcionalidad
- d. Se realizaron las pruebas de manera estandarizada, dando las indicaciones de acuerdo con lo descrito en cada prueba.

#### ❖ **Análisis**

El análisis estadístico se realizó de acuerdo con el escalamiento de las variables. Para los datos demográficos se realizó estadística descriptiva, presentando los resultados como medidas de tendencia central y desviación estándar. Los datos categóricos se presentaron como proporciones.

Se buscó la correlación entre las variables dependientes e independientes de acuerdo con la normalidad de distribución de los datos ya sea correlación de Pearson o de Spearman. Además, se consideró significancia estadística de las correlaciones considerando un valor alfa de 0.05, y el intervalo de confianza de la correlación.

Aquellas variables que tuvieron correlación con significancia estadística se ingresaron a un modelo de regresión lineal simple para poder estimar el valor de las pruebas de funcionalidad.

Los software utilizados para el análisis fueron Excel para Macintosh V.2010 y SPSS para Macintosh V. 20

## **10. Consideraciones éticas**

Se trató de un estudio observacional que no tiene una intervención, con repercusiones mínimas para la salud e integridad del paciente.

Los datos de los pacientes fueron almacenados de manera confidencial y anónima, exceptuando para las hojas que incluyen datos personales, mismas que fueron resguardadas en archivos dentro del centro y a cada paciente se le otorgó una copia del consentimiento informado firmado.

La participación de todos los individuos fue por completo voluntaria y confidencial y no condicionó ni modificó en modo alguno el trato hacia los pacientes.

Los pacientes que desearon participar fueron entrevistados por el médico del deporte participante quien les brindó asesoramiento e información pertinentes al proyecto. Su participación es básicamente en la captura de variables demográficas y médicas así como pruebas de funcionalidad física.

Las complicaciones de las pruebas de funcionalidad son mínimas como agitación y cansancio.

El presente proyecto cumple con todos los principios éticos para la investigación biomédica en seres humanos establecidos por la asociación médica mundial, código de Ginebra, la declaración de Helsinki, declaración de Tokyo y los derechos universales del hombre. Asimismo se apega a las buenas prácticas clínicas establecidas por la misma asociación.

## **11. Resultados**

### **A. Normalidad**

La distribución de las variables a contrastar se analizó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov, encontrándose que únicamente el equilibrio y la agilidad (que tiene un sesgo positivo) no tienen un valor P por arriba de 0.05, por lo tanto, estadísticamente hablando, a pesar de ser variables de escalamiento dimensional continua, fueron analizadas con estadística no paramétrica (Tabla 4). Con el resto de las variables se acepta la hipótesis nula que estipula que tienen una distribución normal.

Tabla 4.- Prueba de normalidad de las variables a correlacionar

Variable	Estadístico *	Valor de P
ICC	0.77	0.127
IMC	0.61	0.200
IMG	0.067	0.200
IMLG	0.043	0.200
Cociente grasa / MM	0.049	0.200
Equilibrio	0.344	0.000
Sentadillas	0.068	0.200
Agilidad	0.125	0.000
Caminata 6 minutos	0.074	0.176

\*Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov.

ICC= índice cintura/cadera, IMC= índice de masa corporal, IMG= índice de masa grasa, IMLG= índice de masa libre de grasa.

Al realizar el análisis de normalidad con la prueba Shapiro-Wilk de acuerdo con cada subgrupo de IMC (porque en cada uno tenemos menos de 50 casos) tomando en cuenta cada clasificación del IMC (peso sano, sobrepeso, obesidad grado 1,2 y 3), se obtuvieron los siguientes resultados, descritos en la tabla 5:

Tabla 5.- Prueba de normalidad de las variables a correlacionar de acuerdo con su clasificación de IMC.

Variable	Categoría IMC	Estadístico	Significancia
ICC	Peso sano	0.980	0.967
	Sobrepeso	0.933	0.094
	Obesidad G1	0.981	0.895
	Obesidad G2	0.974	0.777
	Obesidad G3	0.952	0.273
IMC	Peso sano	0.906	0.256
	Sobrepeso	0.941	0.141
	Obesidad G1	0.930	0.076
	Obesidad G2	0.926	0.091
	Obesidad G3	0.926	0.091
IMG	Peso sano	0.972	0.907
	Sobrepeso	0.940	0.868
	Obesidad G1	0.954	0.288
	Obesidad G2	0.976	0.818
	Obesidad G3	0.936	0.119
IMLG	Peso sano	0.798	<b>0.014*</b>
	Sobrepeso	0.935	0.103
	Obesidad G1	0.947	0.202
	Obesidad G2	0.955	0.372
	Obesidad G3	0.964	0.497
Cociente MG/MLG	Peso sano	0.931	0.461
	Sobrepeso	0.952	0.261
	Obesidad G1	0.969	0.604
	Obesidad G2	0.967	0.615
	Obesidad G3	0.949	0.244
Equilibrio	Peso sano	Constante	
	Sobrepeso	0.707	<b>0.000*</b>
	Obesidad G1	0.660	<b>0.000*</b>
	Obesidad G2	0.848	<b>0.002*</b>
	Obesidad G3	0.788	<b>0.000*</b>
Sentadillas	Peso sano	0.963	0.823
	Sobrepeso	0.983	0.925
	Obesidad G1	0.959	0.368
	Obesidad G2	0.965	0.569
	Obesidad G3	0.965	0.518

\*Variables que no tienen distribución normal de acuerdo con el estadístico utilizado.

Tabla 5.- Prueba de normalidad de las variables a correlacionar de acuerdo con su clasificación de IMC (continuación)

Variable	Categoría IMC	Estadístico	Significancia
Agilidad	Peso sano	0.876	0.116
	Sobrepeso	0.937	0.113
	Obesidad G1	0.825	<b>0.000*</b>
	Obesidad G2	0.919	0.063
	Obesidad G3	0.939	0.143
Caminata	Peso sano	0.893	0.183
	Sobrepeso	0.951	0.248
	Obesidad G1	0.956	0.317
	Obesidad G2	0.925	0.086
	Obesidad G3	0.965	0.511

\*Variables que no tienen distribución normal de acuerdo con el estadístico utilizado.

Las variables que no tuvieron distribución normal fueron el índice de masa libre de grasa en los pacientes con peso sano, la variable de equilibrio en todos los grupos y la variable agilidad en el grupo de obesidad grado 1. El resto de las variables tienen un comportamiento normal de acuerdo con la prueba estadística utilizada.

## B. Datos demográficos

En el estudio participaron 110 pacientes, de los cuales, 56 fueron del sexo femenino (50.9%) y 54 masculinos (49.1%).

El promedio de edad fue de 38.3 años, sin significancia estadística en la diferencia entre grupos masculino y femenino. Se observó una estatura mayor en los hombres con respecto a las mujeres al igual que el peso e índice cintura cadera, con significancia estadística en la diferencia de medias entre grupos.

La media del índice de masa corporal (IMC) de la población fue de 34.8 kg/m<sup>2</sup>, mayor en el sexo masculino (36.01 kg/m<sup>2</sup>) que en el femenino (32.45 kg/m<sup>2</sup>), y con significancia estadística en la diferencia.

En las variables de composición corporal, el índice de masa grasa (IMG) tuvo un promedio de 14.66 kg/m<sup>2</sup> sin diferencia estadística en ambos grupos.

Finalmente, el índice de masa libre de grasa (IMLG) fue mayor en hombres que en mujeres, encontrándose un promedio poblacional de 18.34 kg/m<sup>2</sup> y con significancia estadística en la diferencia de medias de ambos grupos y de igual manera, el cociente grasa / músculo fue menor en hombres que en mujeres, que también tuvo una diferencia con significancia estadística.

El resumen de los datos demográficos se presenta en la tabla 6.

Tabla 6.- Resumen de datos demográficos de la población de estudio

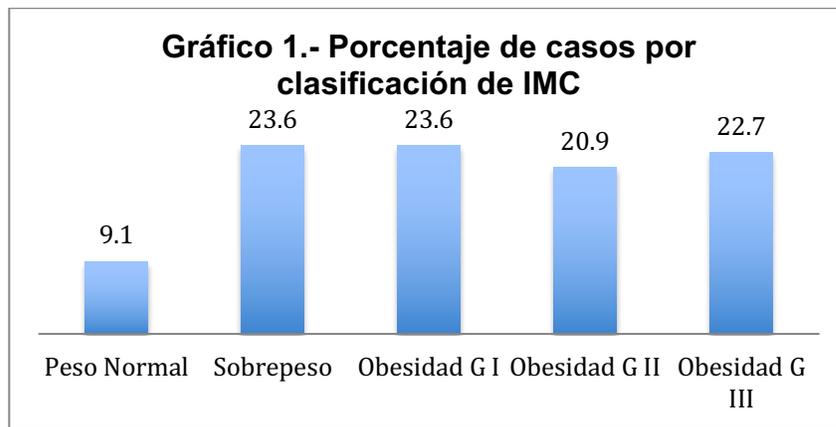
Variable	Población	Media	Desv Est	IC95%	Mínimo	Max	Valor P*
Edad (años)	General	38.3	9.55	36.49-40.11	18	56	0.078
	Femenino	39.88	9.36	37.39-42.36	19	55	
	Masculino	36.67	9.6	34.03-39.3	18	56	
Estatura (metros)	General	1.67	0.9	1.66-1.69	1.43	1.88	0.000
	Femenino	1.61	0.05	1.60-1.63	1.43	1.73	
	Masculino	1.74	0.69	1.72-1.76	1.60	1.88	
Peso (kg)	General	96.991	23.87	92.47-101.50	50.5	156.2	0.000
	Femenino	84.63	18.94	79.56-89.708	50.4	132.4	
	Masculino	109.80	21.73	103.87-115.73	67.7	156.2	

Tabla 6.- Resumen de datos demográficos de la población de estudio  
(continuación)

Variable	Población	Media	Desv Est	IC95%	Mínimo	Max	Valor P*
Índice cintura/cadera	General	0.92	0.112	0.89-0.93	0.68	1.19	0.000
	Femenino	0.83	0.078	0.81-0.85	0.68	1.01	
	Masculino	1.00	0.073	0.98-1.02	0.77	1.19	
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	General	34.82	7.26	32.82-35.57	19.66	50.34	0.01
	Femenino	32.45	7.48	30.45-34.46	19.66	48.71	
	Masculino	36.01	6.62	34.20-37.82	22.36	50.34	
IMG (kg/m <sup>2</sup> )	General	14.66	4.98	13.72-15.60	3.94	28	0.620
	Femenino	14.98	5.34	13.46-16.32	5.75	28	
	Masculino	14.42	4.62	13.15-15.68	3.94	23.7	
IMLG (kg/m <sup>2</sup> )	General	18.34	2.95	17.78-18.90	12.4	25.4	0.000
	Femenino	16.57	2.54	15.89-17.25	12.4	22.1	
	Masculino	20.17	2.13	19.59-20.76	15.0	25.4	
Cociente Grasa/MLG	General	0.79	0.22	0.75-0.84	0.22	1.41	0.000
	Femenino	0.87	0.21	0.81-0.93	0.44	1.41	
	Masculino	0.71	0.20	0.66-0.77	0.22	1.13	

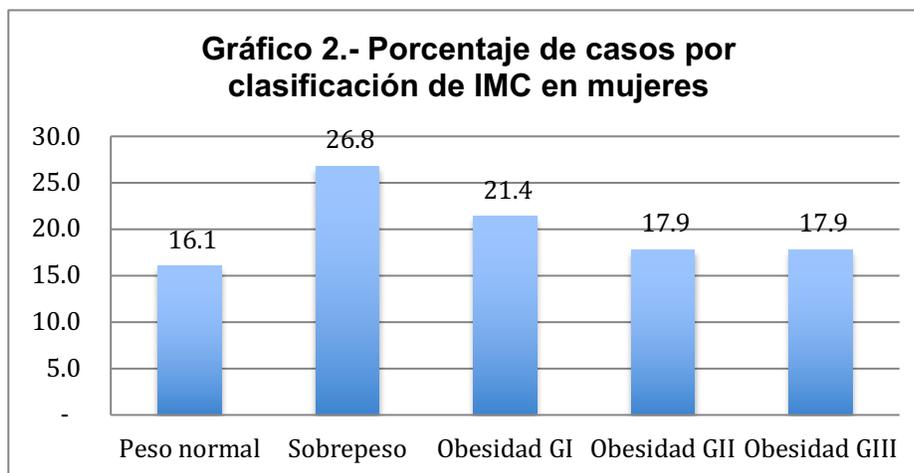
\* Prueba t de Student para muestras independientes. Desv Est= desviación estándar. IC95%= Intervalo de confianza al 95%

De acuerdo con el IMC, la clasificación más frecuente fue de sobrepeso y obesidad grado 1 (26 casos cada uno, 23.6%), seguido de obesidad grado 3 (25 casos, 22.7%), obesidad grado 2 (23 casos, 20.9%) y peso sano (10 casos, 9.1%). Los datos se observan en el gráfico 1.



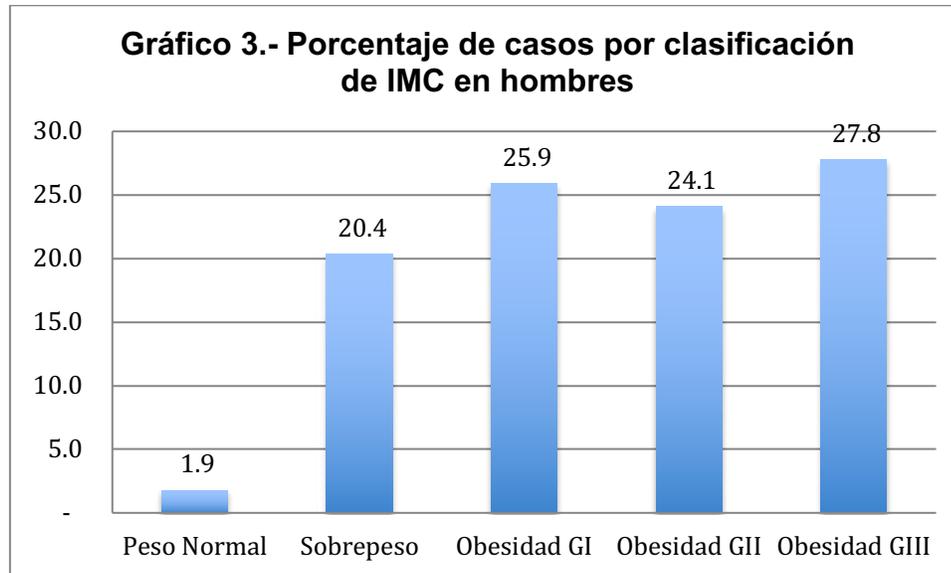
Porcentaje de la población incluida en el estudio de acuerdo con la clasificación del índice de masa corporal.

En el sexo femenino, el 26.8 % presentaron sobrepeso (15 casos), seguida de 12 casos con obesidad grado 1 (21.4%), 10 casos tuvieron obesidad grado 2 y 3 respectivamente (17.9%) y 9 casos con peso sano (16.1%), como se observa en el gráfico 2.



Porcentaje de la población incluida en el estudio del sexo femenino de acuerdo con la clasificación del índice de masa corporal.

En el masculino, lo más frecuente se presentó en obesidad grado 3 con 15 casos (27.8%), seguido de obesidad grado 1 con 14 casos (25.9%), obesidad grado 2 con 13 casos (24.1%), sobrepeso con 11 casos (20.4%) y peso sano con 1 solo caso (1.9%), como se representa en el gráfico 3.



Porcentaje de la población del sexo masculino incluido en el estudio de acuerdo con la clasificación del índice de masa corporal.

La comparación entre grupos de IMC de las distintas variables independientes mostró diferencia con significancia estadística en todas como se observa en la tabla 7.

Tabla 7.- Descripción de media  $\pm$  Desviación estándar de las distintas variables independientes de acuerdo con su clasificación de IMC

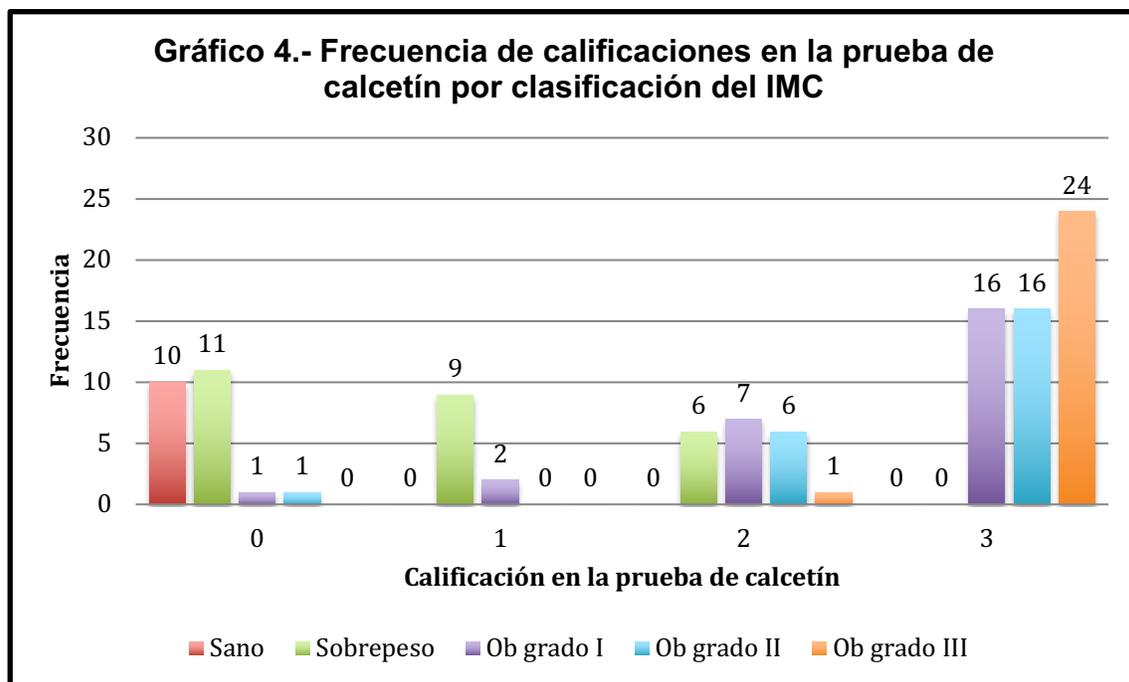
Variable	Peso sano	Sobrepeso	Obesidad grado 1	Obesidad grado 2	Obesidad grado 3	Valor de P*
Peso	58.7 $\pm$ 6.3	78.5 $\pm$ 7.45	93.28 $\pm$ 13.00	109.0 $\pm$ 13.8	124.32 $\pm$ 15.90	0.000
ICC	0.75 $\pm$ 0.04	0.87 $\pm$ 0.07	0.94 $\pm$ 0.10	0.96 $\pm$ 0.10	0.95 $\pm$ 0.10	0.000
IMC	22.09 $\pm$ 1.68	27.81 $\pm$ 1.50	32.82 $\pm$ 1.50	37.36 $\pm$ 1.63	44.21 $\pm$ 3.20	0.000
IMG	7.3 $\pm$ 1.81	10.62 $\pm$ 1.91	13.81 $\pm$ 2.0	16.38 $\pm$ 2.28	21.10 $\pm$ 3.45	0.000
IMLG	13.82 $\pm$ 1.5	16.27 $\pm$ 1.97	17.92 $\pm$ 1.40	19.63 $\pm$ 1.89	21.56 $\pm$ 1.92	0.000
Cociente grasa/musculo	0.54 $\pm$ 0.15	0.67 $\pm$ 0.18	0.78 $\pm$ 0.15	0.86 $\pm$ 0.18	0.98 $\pm$ 0.20	0.000

\* prueba ANOVA

Se observó una mayor dificultad en la prueba de calcetín conforme iba aumentando la clasificación del IMC a partir del sobrepeso (en el peso sano, todos tuvieron calificación 0), en donde ningún paciente tuvo calificación 3, hasta tener solo calificación 3 (y un paciente con calificación 2) en el grupo de pacientes con obesidad grado 3, representado en la tabla 8 y en el gráfico 4.

Tabla 8.- Frecuencia de calificaciones en la prueba de calcetín de acuerdo con el Índice de Masa Corporal

Calificación	Peso Normal	Sobrepeso	Obesidad grado 1	Obesidad grado 2	Obesidad grado 3
0	10	11	1	1	0
1	0	9	2	0	0
2	0	6	7	6	1
3	0	0	16	16	24
Total	10	26	26	23	25



Frecuencia del resultado de la prueba de calcetín en cada categoría del índice de mas corporal.

Las demás variables dependientes analizadas mostraron diferencias con significancia estadística entre los diferentes grupos de clasificación del IMC como se representa en la tabla 9.

Tabla 9.- Descripción de media  $\pm$  Desviación estándar de las variables dependientes por grupo de IMC.

Variable independiente	Peso sano	Sobrepeso	Obesidad grado 1	Obesidad grado 2	Obesidad grado 3	Valor de P**
Equilibrio (seg)	60*	44.25 $\pm$ 19.27	50.25 $\pm$ 16.73	43.09 $\pm$ 20.129	29.07 $\pm$ 23.48	0.000
Sentadillas (número)	27.28 $\pm$ 6.18	25.30 $\pm$ 6.91	23.96 $\pm$ 6.69	23.09 $\pm$ 7.14	20.93 $\pm$ 6.89	0.001
Agilidad (segundos)	5.13 $\pm$ 0.71	5.11 $\pm$ 0.57	5.42 $\pm$ 0.92	5.64 $\pm$ 0.80	6.30 $\pm$ 1.30	0.000
Caminata (metros)	618.0 $\pm$ 66.5	537.33 $\pm$ 65.69	520.53 $\pm$ 89.25	520.85 $\pm$ 68.32	462.88 $\pm$ 80.181	0.000

\*constante; \*\* prueba ANOVA

### C. Correlaciones y gráficas de dispersión

Para el cálculo de las correlaciones, se cruzaron las determinantes de la composición corporal (índice de masa grasa, índice de masa libre de grasa, cociente masa grasa/masa libre de grasa) con las pruebas de funcionalidad, además de el índice cintura-cadera y el índice de masa corporal.

Para el índice cintura cadera las correlaciones con significancia estadística encontradas fueron con la prueba de calcetín y distancia en caminata de 6 minutos, teniendo una correlación moderada y muy leve respectivamente.

En cuanto al índice de masa corporal, se encontró que todas las variables tienen significancia estadística, teniendo la correlación más alta la prueba del calcetín, seguida de la prueba de equilibrio monopodal, agilidad y distancia en caminata de 6 minutos con una correlación moderada y finalmente la prueba de sentadillas, con correlación leve.

Todas las correlaciones tuvieron significancia estadística con el índice de masa grasa, encontrándose nuevamente una correlación alta con las pruebas de calcetín, moderada con la prueba de equilibrio monopodal, agilidad y distancia en caminata de 6 minutos, y una correlación leve en la prueba de sentadillas.

Las correlaciones entre el índice de masa libre de grasa y las variables de funcionalidad física fueron de menor magnitud, encontrándose solamente una correlación moderada con la prueba de calcetín, leve con equilibrio monopodal y caminata de 6 minutos, y no alcanzó significancia estadística con la prueba de agilidad.

Al hacer la correlación entre el cociente masa grasa/masa libre de grasa y las variables de funcionalidad se encontraron correlaciones moderadas entre prueba del calcetín, equilibrio monopodal, agilidad y caminata de 6 minutos, y solamente correlación leve con la prueba de sentadillas. Todas las correlaciones con significancia estadística se resumen en la tabla 10 y los diagramas de dispersión se observan en los gráficos 5 a 25.

Tabla 10.- Correlaciones con significancia estadística entre las variables de composición corporal y las pruebas de funcionalidad

Variable Independiente	Variable Dependiente	Coefficiente de correlación	Valor de P	Prueba	Nivel de correlación
ICC	Calcetín	0.530	0.000	Rho de Spearman	Moderada
	Caminata	-0.195	0.041	R de Pearson	Muy leve
Índice de masa corporal	Calcetín	0.795	0.000	Rho de Spearman	Alta
	Equilibrio	-0.455	0.000	Rho de Spearman	Moderada
	Sentadillas	-0.307	0.001	R de Pearson	Leve
	Agilidad	0.400	0.000	Rho de Spearman	Moderada
	Caminata	-0.470	0.000	R de Pearson	Moderada

Tabla 10.- Correlaciones con significancia estadística entre las variables de composición corporal y las pruebas de funcionalidad (continuación)

Variable Independiente	Variable Dependiente	Coefficiente de correlación	Valor de P	Prueba	Nivel de correlación
Índice de masa grasa	Calzetín	0.748	0.000	Rho de Spearman	Alta
	Equilibrio	-0.484	0.000	Rho de Spearman	Moderada
	Sentadillas	-0.340	0.000	R de Pearson	Leve
	Agilidad	0.478	0.000	Rho de Spearman	Moderada
	Caminata	-0.508	0.000	R de Pearson	Moderada
Índice de masa libre de grasa	Calzetín	0.628	0.000	Rho de Spearman	Moderada
	Equilibrio	-0.267	0.005	Rho de Spearman	Leve
	Sentadillas	-0.196	0.04	R de Pearson	Muy leve
	Caminata	-0.321	0.001	R de Pearson	Leve
Cociente masa grasa / masa libre de grasa	Calzetín	0.514	0.000	Rho de Spearman	Moderada
	Equilibrio	-0.436	0.000	Rho de Spearman	Moderada
	Sentadillas	-0.289	0.002	R de Pearson	Leve
	Agilidad	0.427	0.000	Rho de Spearman	Moderada
	Caminata	-0.417	0.000	R de Pearson	Moderada

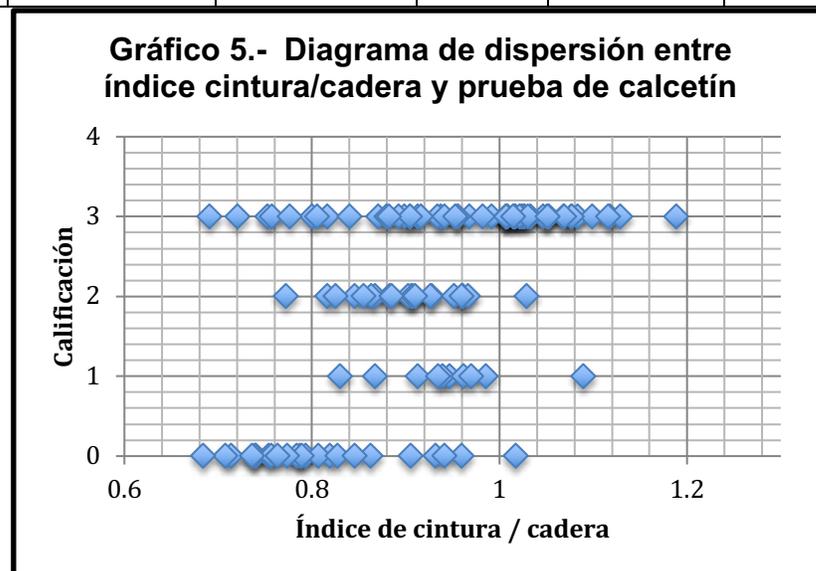


Diagrama de dispersión en donde se observa la tendencia hacia el aumento en la calificación de la prueba del calzetín conforme se incrementa el índice cintura/cadera.

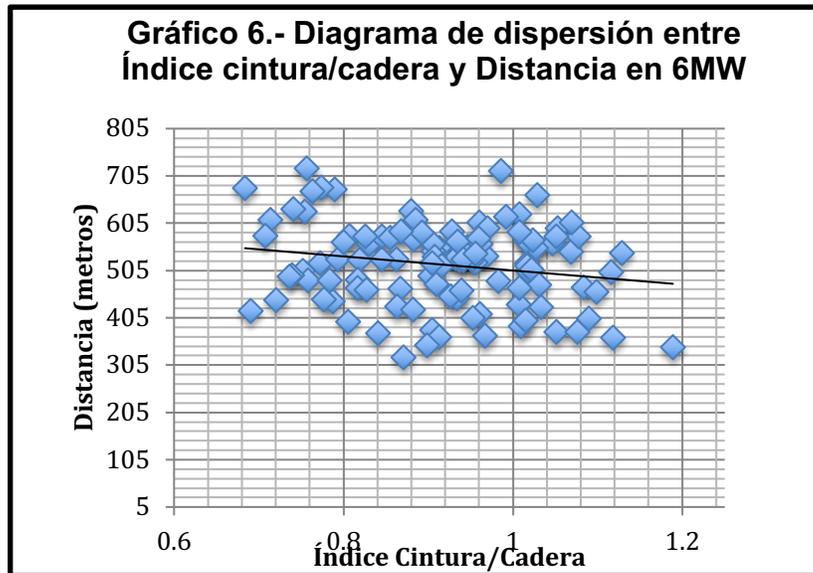


Diagrama de dispersión en donde se observa una correlación negativa entre el índice cintura/cadera y la distancia recorrida en la prueba de caminata de 6 minutos.

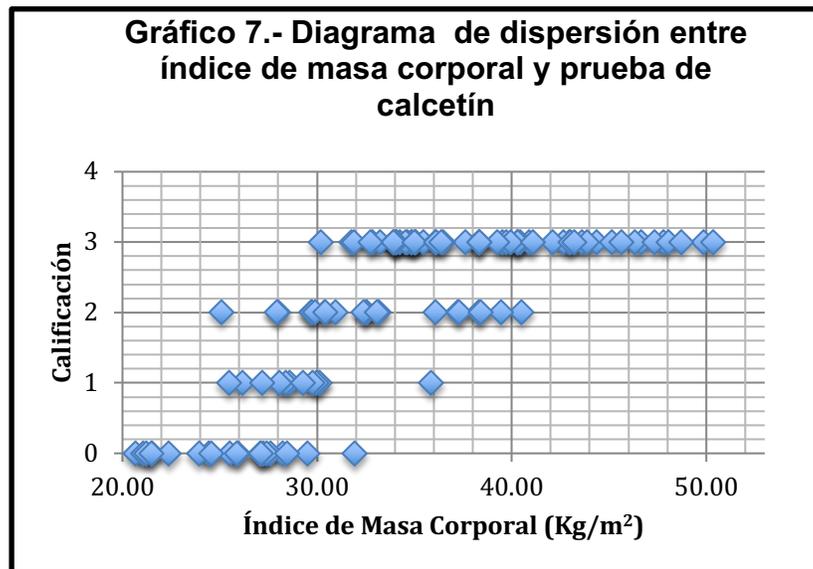


Diagrama de dispersión en donde se observa la tendencia hacia el aumento en la calificación de la prueba del calcetín conforme se incrementa el índice de masa corporal.

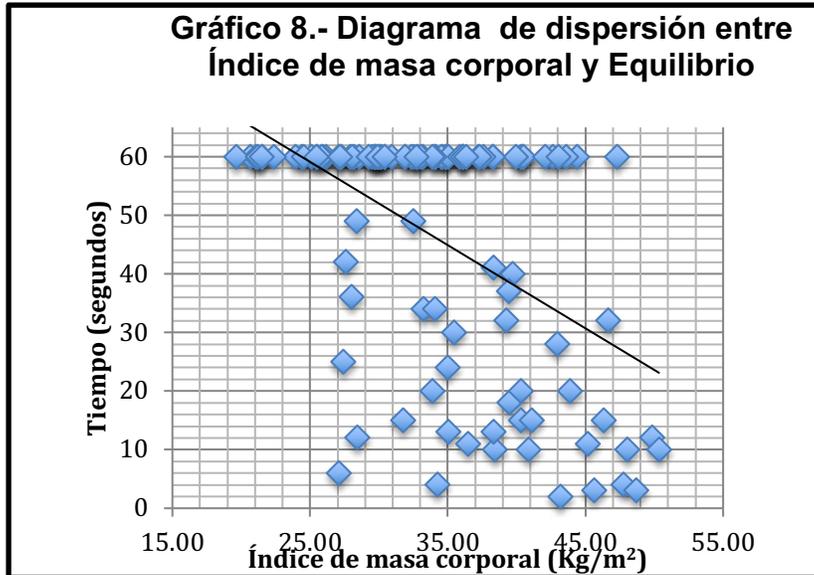


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación negativa entre el índice de masa corporal y la prueba de equilibrio monopodal.

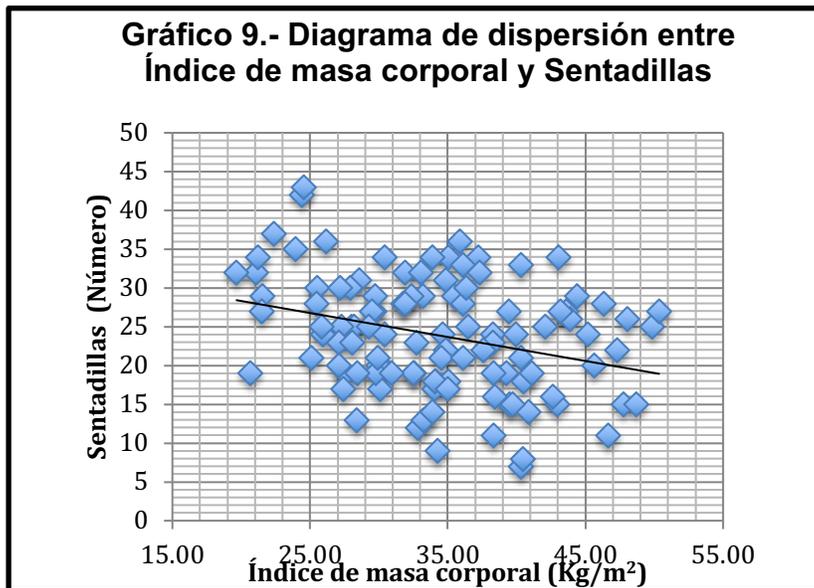


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación negativa entre el índice de masa corporal y la prueba de sentadillas.

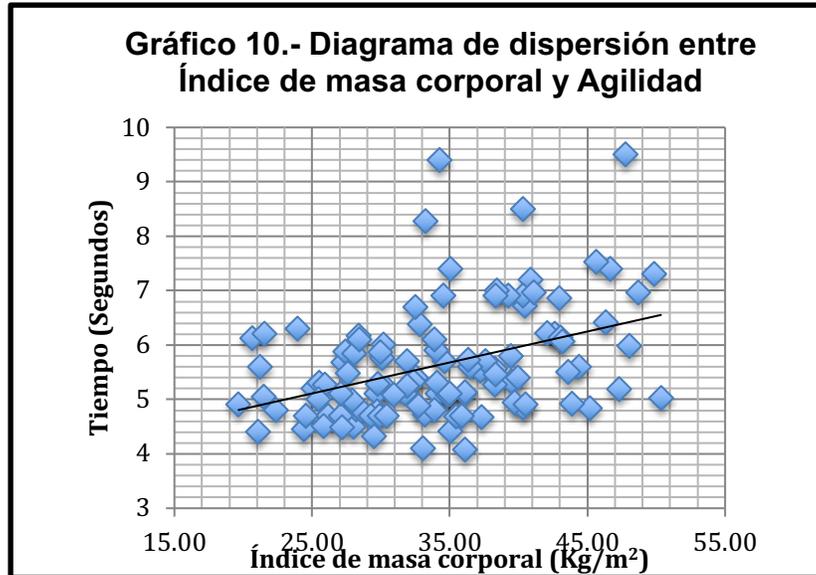


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación positiva entre el índice de masa corporal y la prueba de agilidad.

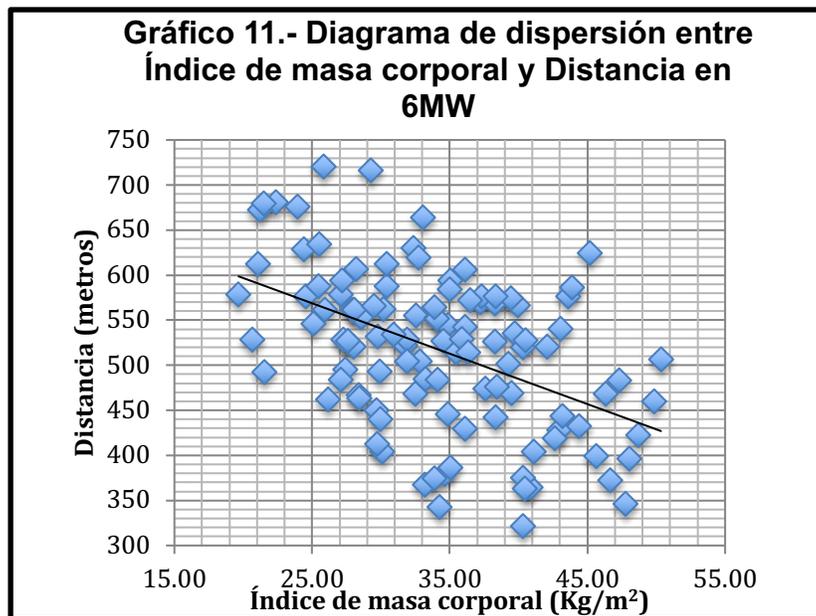


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación negativa entre el índice de masa corporal y la distancia recorrida en la caminata de 6 minutos.

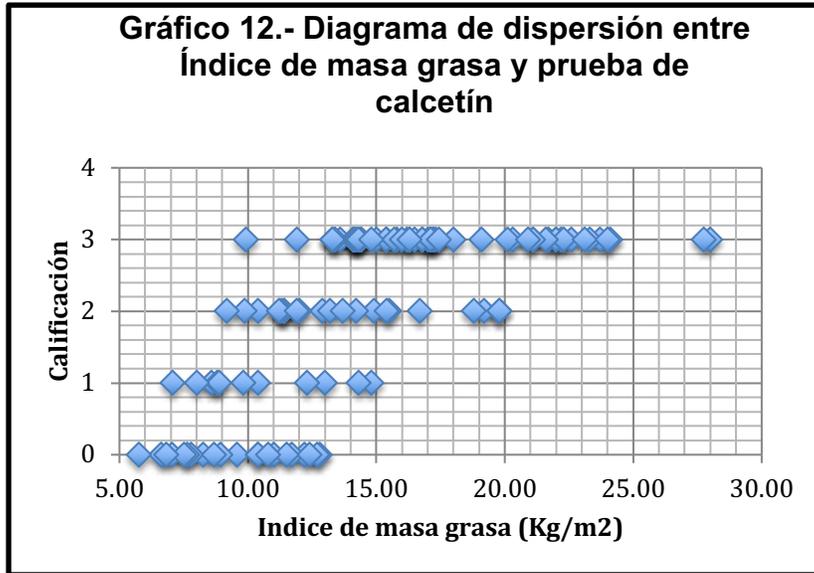


Diagrama de dispersión en donde se observa la tendencia hacia el aumento en la calificación de la prueba del calcetín conforme se incrementa el índice de masa grasa.

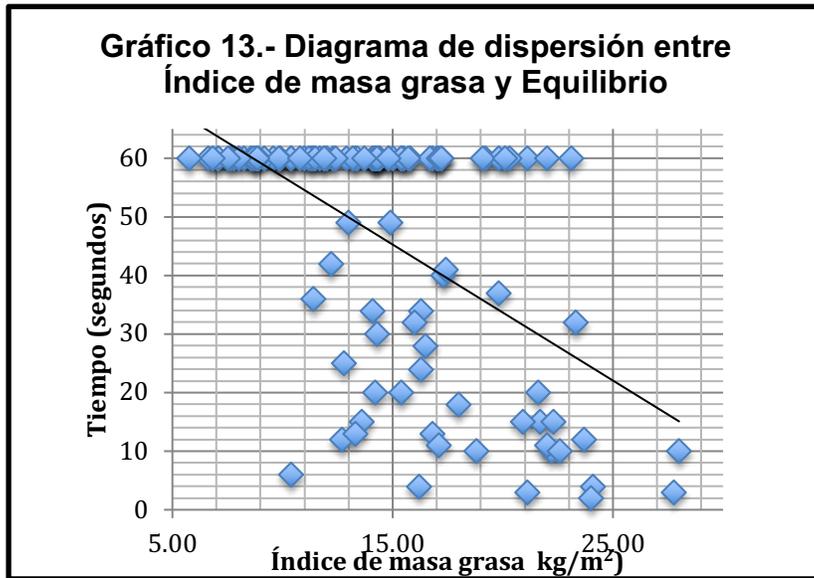


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación negativa entre el índice de masa grasa y la prueba de equilibrio monopodal.

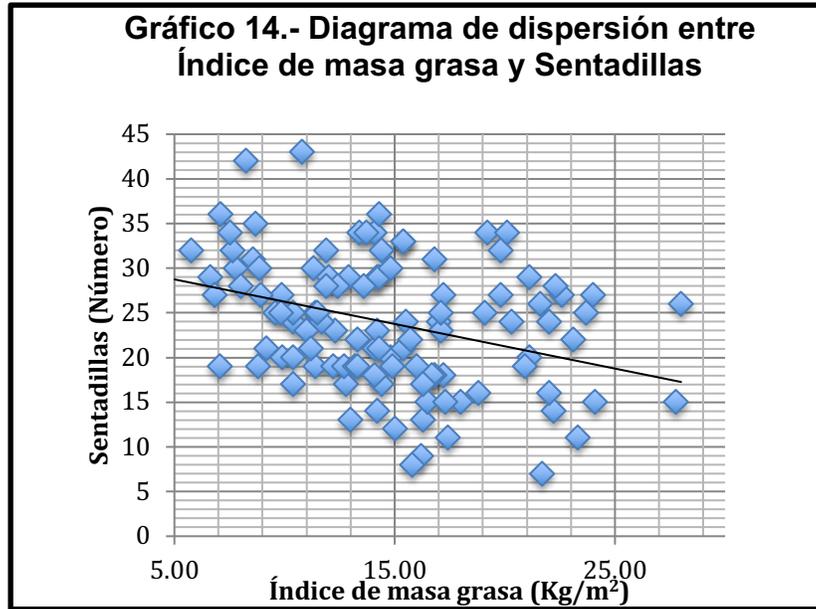


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación negativa entre el índice de masa grasa y la prueba de sentadillas.

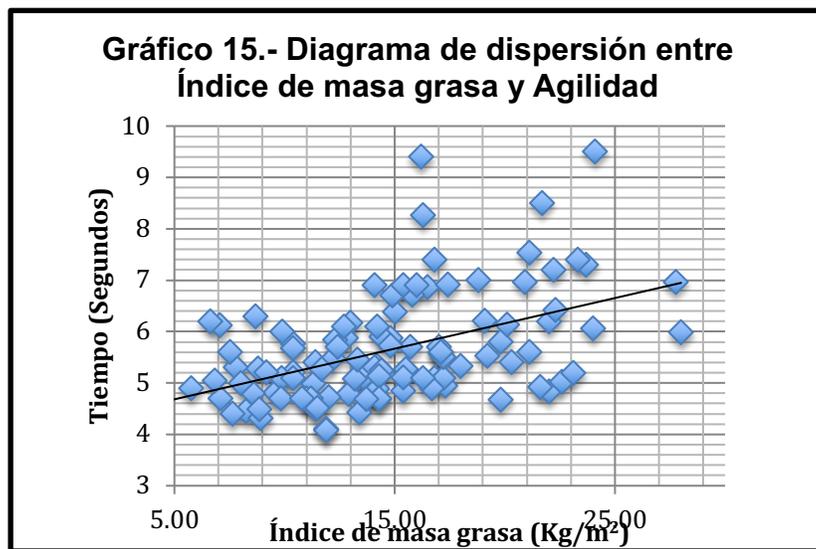


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación positiva entre el índice de masa grasa y la prueba de agilidad.

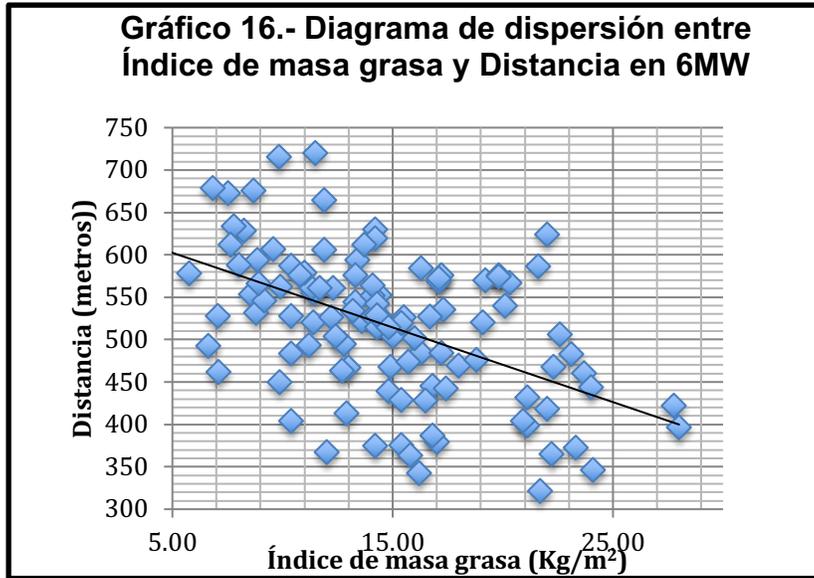


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación negativa entre el índice de masa grasa y la distancia recorrida en la caminata de 6 minutos.

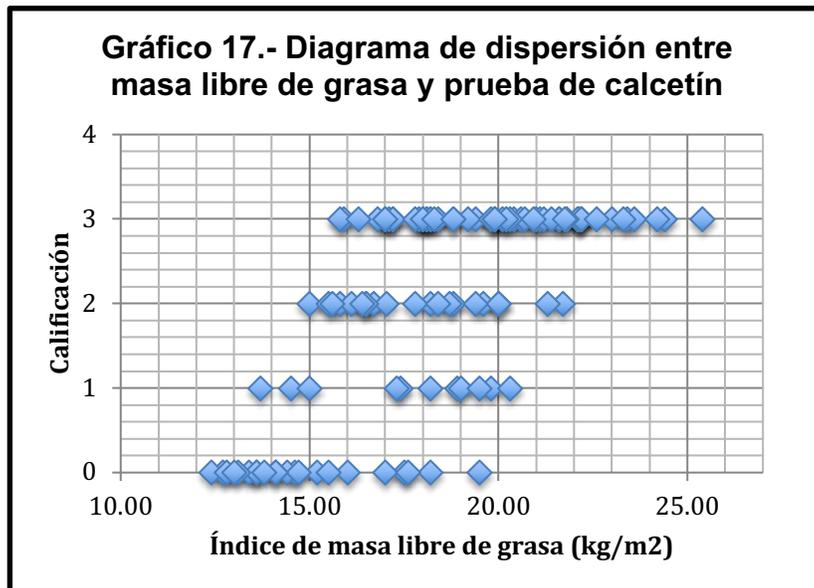


Diagrama de dispersión en donde se observa la tendencia hacia el aumento en la calificación de la prueba del calcetín conforme se incrementa el índice de masa libre de grasa.

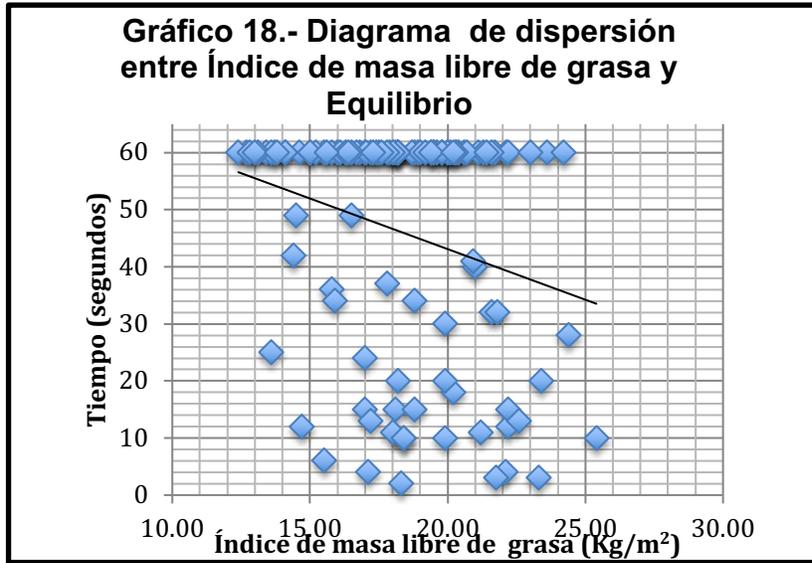


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación negativa entre el índice de masa libre de grasa y la prueba de equilibrio monopodal.

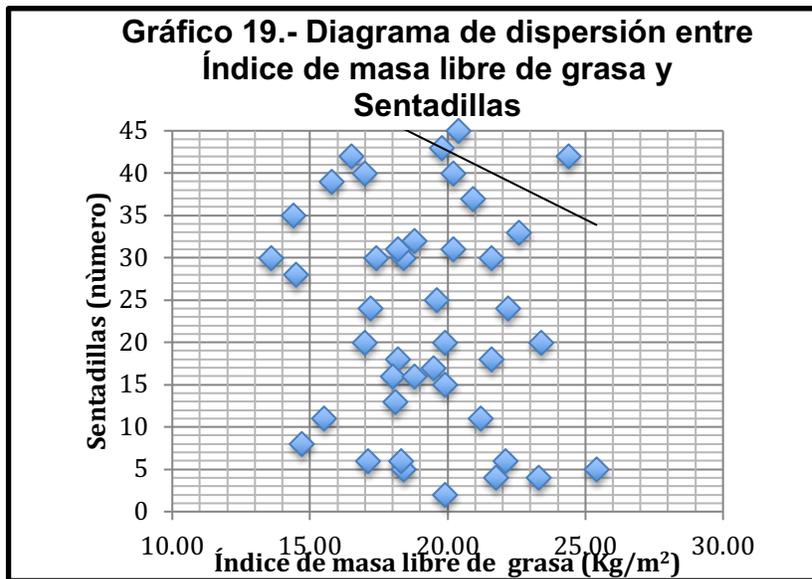


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación negativa entre el índice de masa libre de grasa y la prueba de sentadillas.

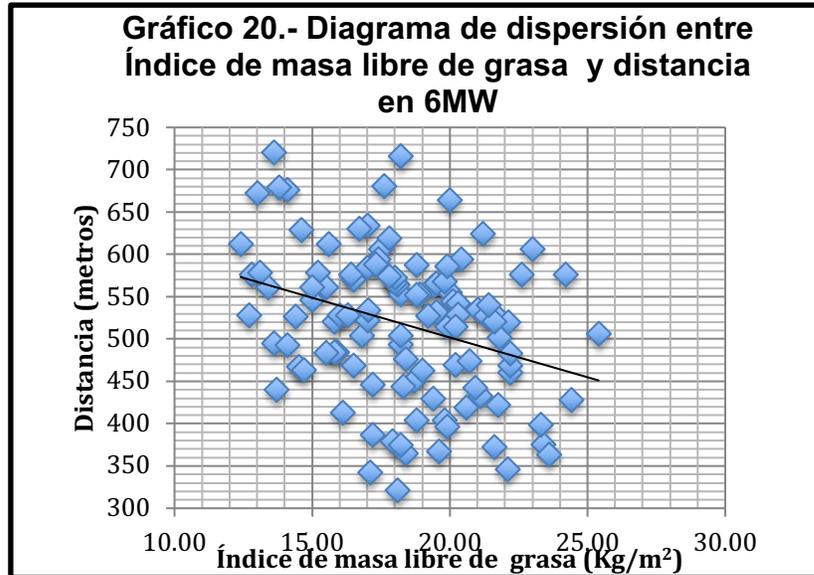


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación negativa entre el índice de masa libre de grasa y la distancia recorrida en la prueba de 6 minutos.

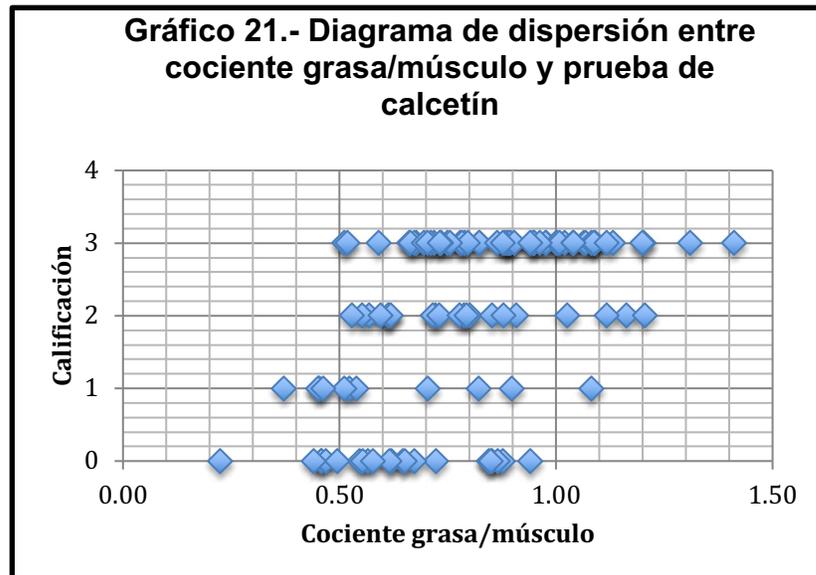


Diagrama de dispersión en donde se observa la tendencia hacia el aumento en la calificación de la prueba del calcetín conforme se incrementa el cociente grasa/músculo.

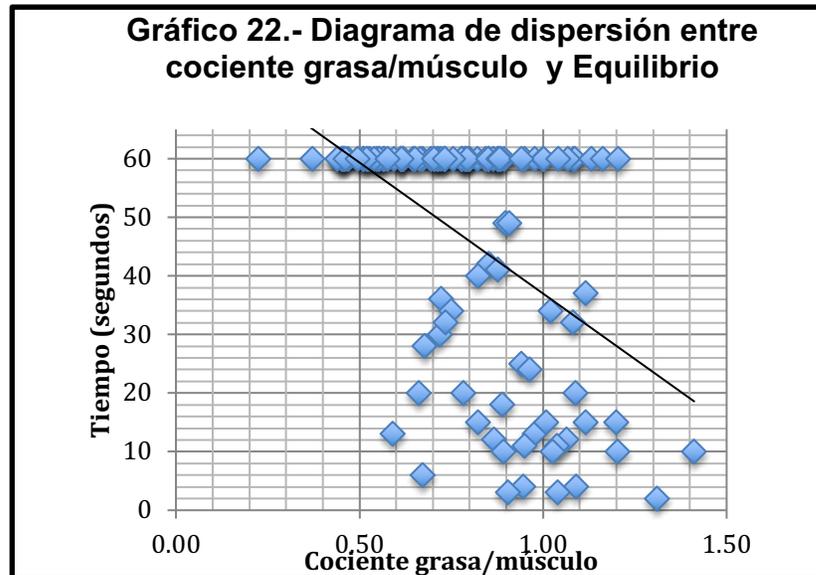


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación negativa entre el cociente grasa/músculo y la prueba de equilibrio monopodal.

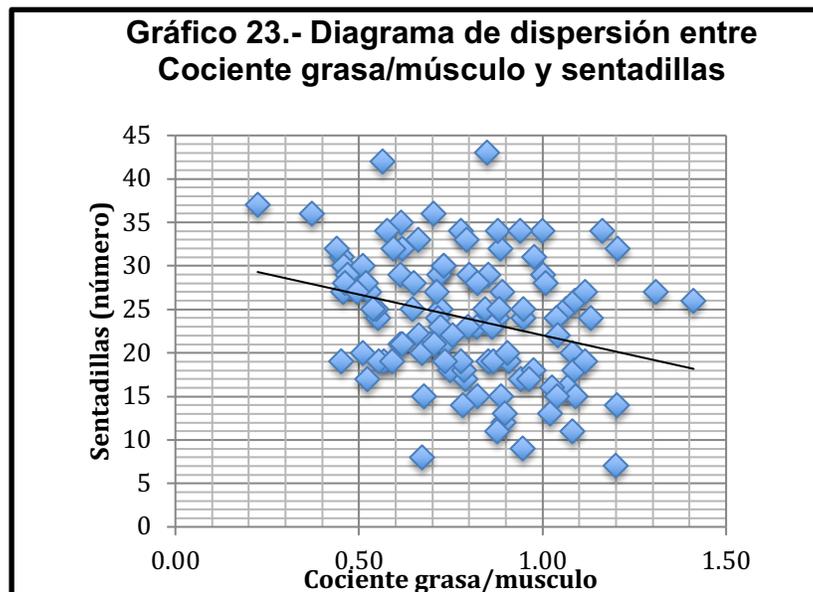


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación negativa entre el cociente grasa/músculo y la prueba de sentadillas.

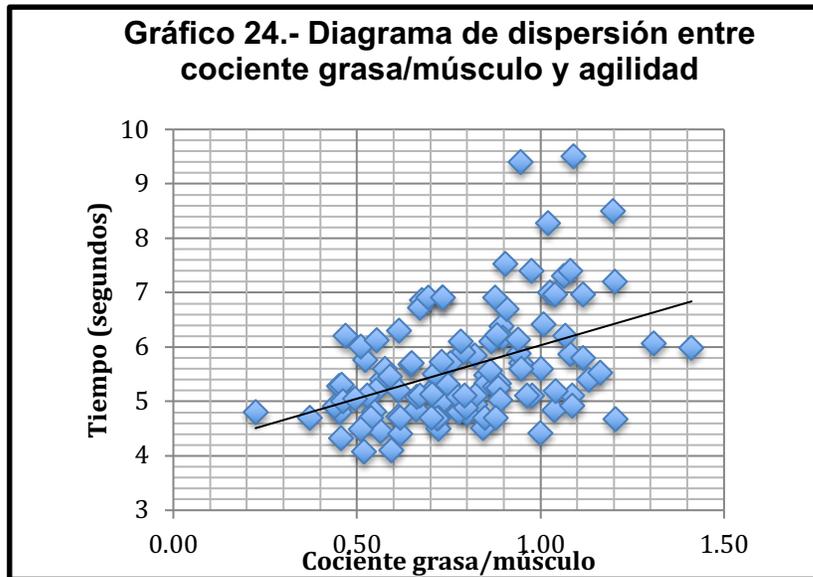


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación positiva entre el cociente grasa/músculo y la prueba de agilidad.

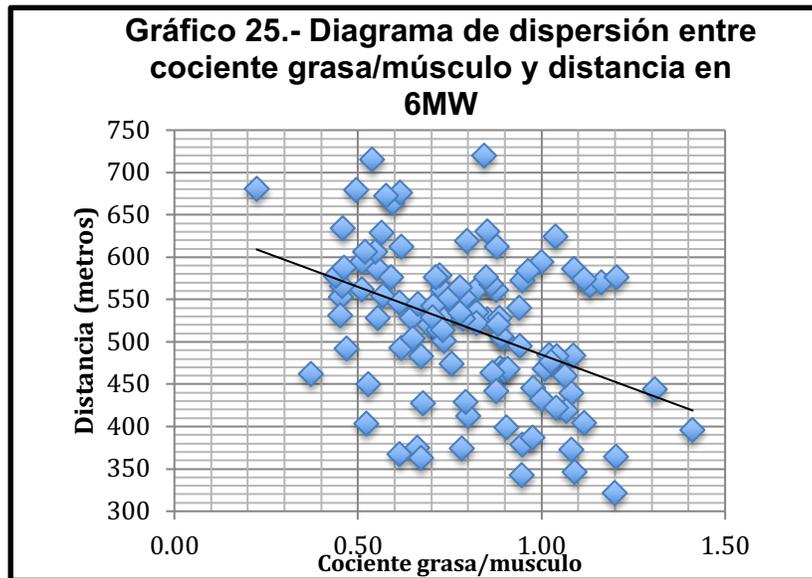


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación negativa entre el cociente grasa/músculo y la distancia recorrida en la prueba de 6 minutos.

Cuando se realizan las correlaciones divididas por categoría del índice de masa corporal (peso sano, sobrepeso, obesidad grados 1,2 y 3), se encontraron los siguientes resultados:

1.- Correlación entre Índice cintura/cadera y variables de funcionalidad física basado en categorías del IMC.

En la categoría del peso sano, las pruebas de calcetín y equilibrio tuvieron la máxima calificación en todos los pacientes, y las demás pruebas no mostraron significancia estadística. En los pacientes con sobrepeso se encontró una correlación moderada con las pruebas de calcetín y leve con la de sentadillas y agilidad; mientras que en la categoría de obesidad grado 1 no hubo correlación con significancia estadística con ninguna prueba de funcionalidad.

En cuanto a la obesidad grado 2, solamente se tuvo correlación con la prueba de calcetín, las demás no tuvieron correlación estadísticamente significativa, al igual que en la obesidad grado 3 en donde no se obtuvo significancia estadística con ninguna prueba.

El resumen de las correlaciones entre la índice cintura/cadera con las pruebas de funcionalidad tomando en cuenta las categorías del IMC se muestra en la tabla 11 y los diagramas de dispersión se observan en los gráficos 26 a 29.

Tabla 11.- Correlaciones entre el Índice cintura / cadera y las pruebas de funcionalidad por categoría de IMC

Variable Independiente	Categoría de IMC	Variable de correlación	Coeficiente	Valor de P**	Nivel de correlación
Índice cintura / cadera	Sobrepeso	Calcetín	0.455	0.019	Moderada
		Sentadillas	0.398	0.044*	Leve
		Agilidad	-0.384	0.053*	Leve
	Obesidad Grado 2	Calcetín	0.711	0.000	Alta

\* Prueba R de Pearson \*\*Prueba Rho de Spearman

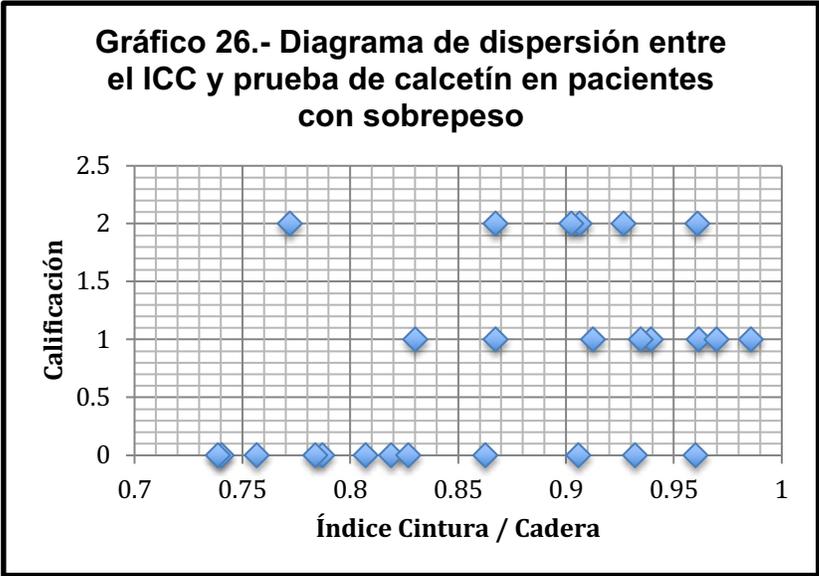


Diagrama de dispersión en donde se observa la tendencia hacia el aumento en la calificación de la prueba del calcetín conforme se incrementa el índice cintura/cadera en pacientes con sobrepeso.

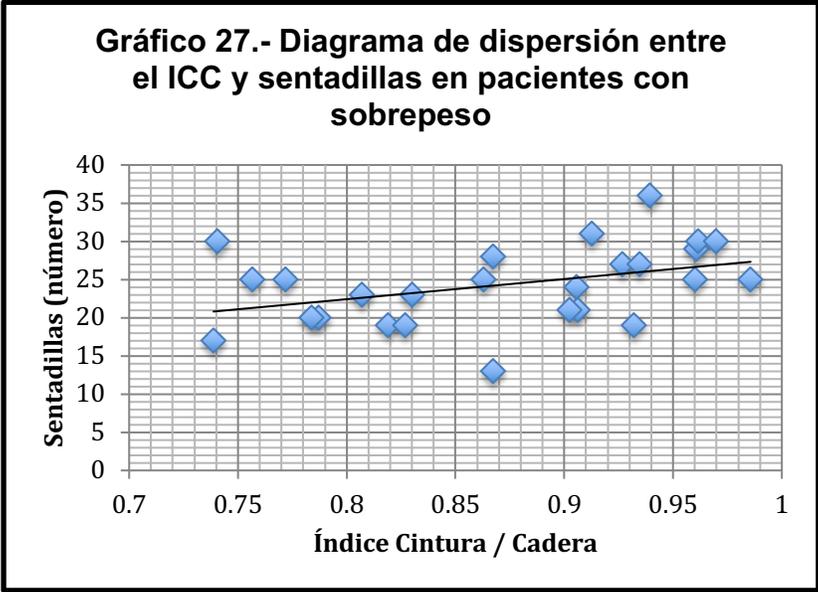


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación positiva entre el índice cintura/cadera y la prueba de sentadillas en pacientes con sobrepeso.

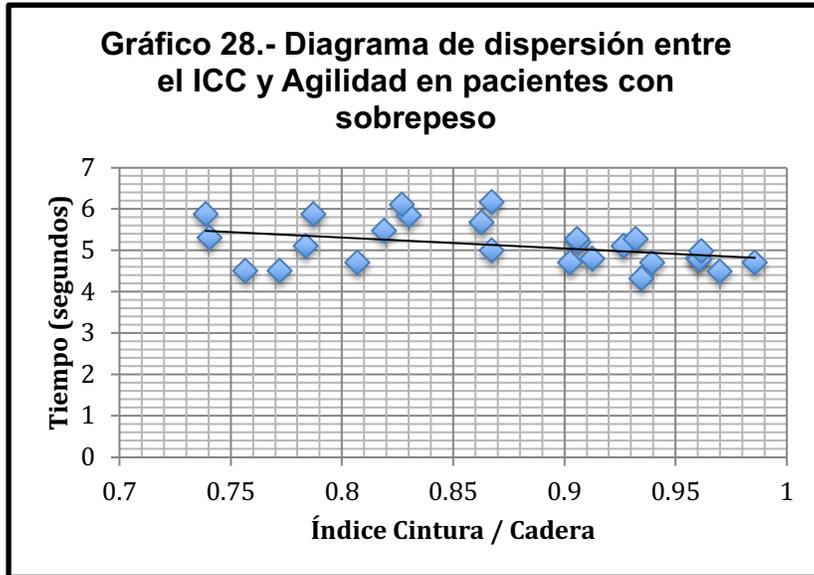


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación negativa entre el índice cintura/cadera y la prueba de agilidad en pacientes con sobrepeso.

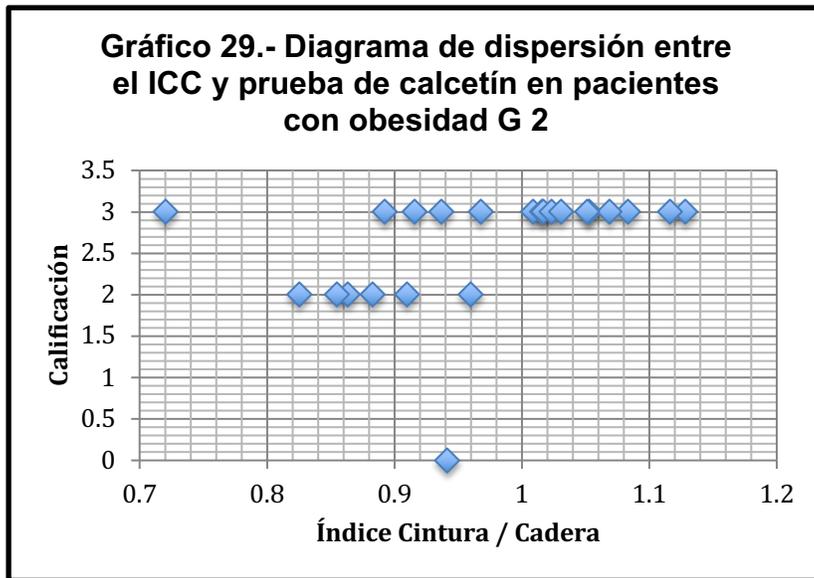


Diagrama de dispersión en donde se observa la tendencia hacia el aumento en la calificación de la prueba del calcetín conforme se incrementa el índice cintura/cadera en pacientes con obesidad grado 2.

2.- Correlación entre Índice de masa corporal y variables de funcionalidad física basado en categorías del IMC.

Al correlacionar el índice de masa corporal con los pacientes clasificados con peso sano, solamente la prueba de sentadillas tuvo significancia estadística y con un nivel de correlación elevado.

En cuanto al grupo de pacientes con sobrepeso, solamente la prueba de calcetín tuvo significancia estadística y con una correlación moderada al igual que en el grupo con obesidad grado 1 y en la obesidad grado 2, la prueba de sentadillas tuvo correlación moderada. Para la obesidad grado 3 solamente la prueba de equilibrio tuvo significancia estadística como se observa en la tabla 11 y los diagramas de dispersión se observan en los gráficos 30 a 34.

Tabla 11.- Correlaciones entre el Índice de masa corporal y las pruebas de funcionalidad de acuerdo con la clasificación del IMC

<b>Categoría de IMC</b>	<b>Variable de correlación</b>	<b>Coeficiente</b>	<b>Valor de P**</b>	<b>Nivel de correlación</b>
Peso Sano	Sentadillas*	0.735	0.015	Alta
Sobrepeso	Calcetín	0.403	0.041	Moderado
Obesidad Grado 1	Calcetín	0.534	0.005	Moderada
Obesidad grado 2	Sentadillas*	-0.445	0.033	Moderada
Obesidad grado 3	Equilibrio	-0.470	0.018	Moderada

\* Prueba R de Pearson \*\*Prueba Rho de Spearman

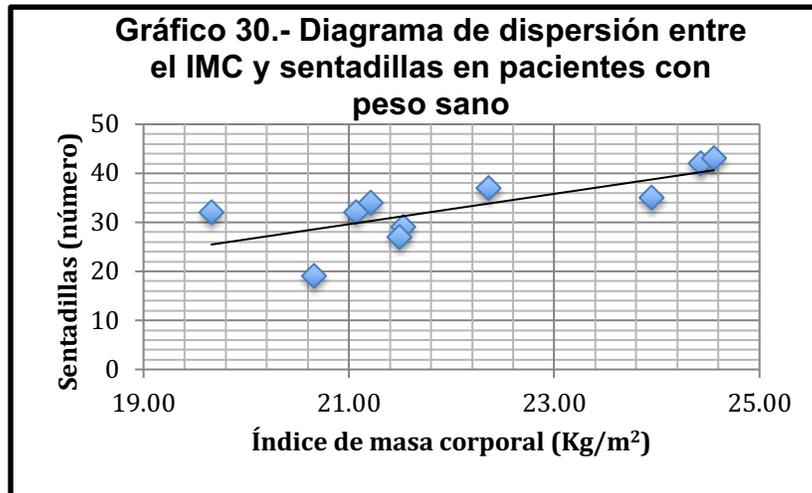


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación positiva entre el índice de masa corporal y la prueba de sentadillas en pacientes con peso sano.

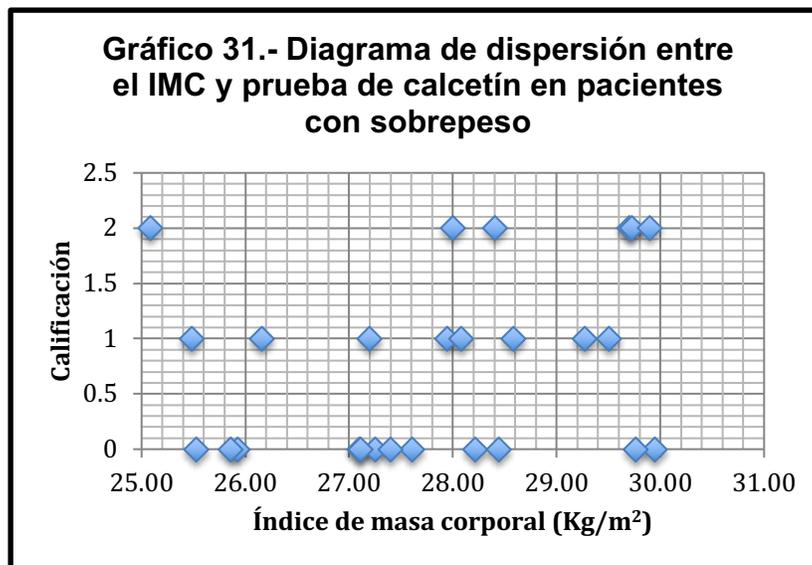


Diagrama de dispersión en donde se observa la tendencia hacia el aumento en la calificación de la prueba del calcetín conforme se incrementa el de masa corporal en pacientes con sobrepeso.

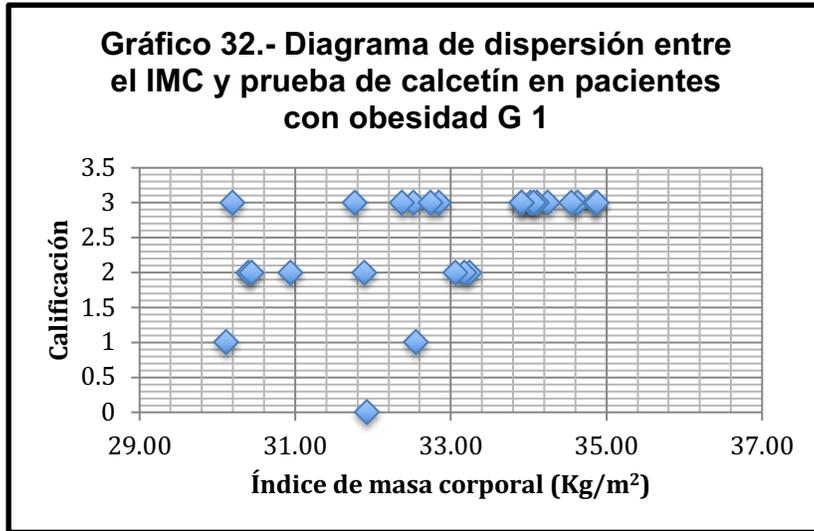


Diagrama de dispersión en donde se observa la tendencia hacia el aumento en la calificación de la prueba del calcetín conforme se incrementa el índice de masa corporal en pacientes con obesidad grado 1.

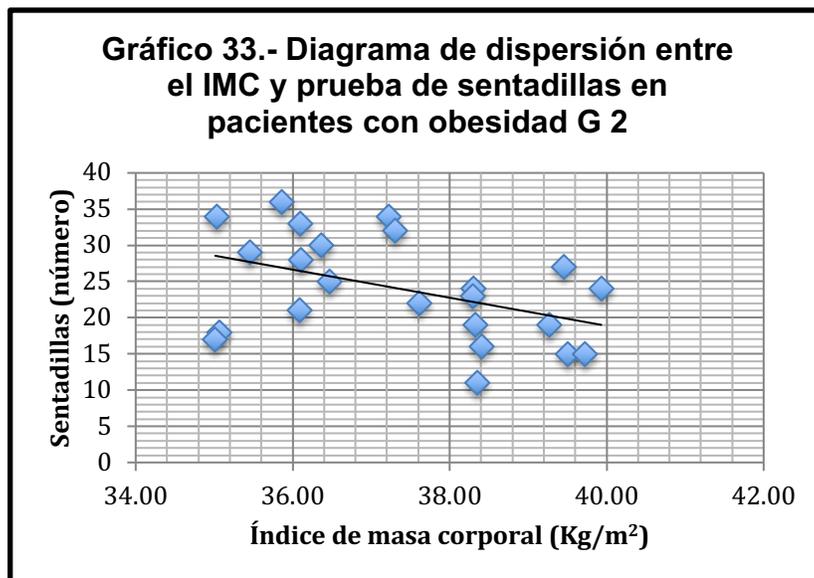


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación negativa entre el índice de masa corporal y la prueba de sentadillas en pacientes con obesidad G2.

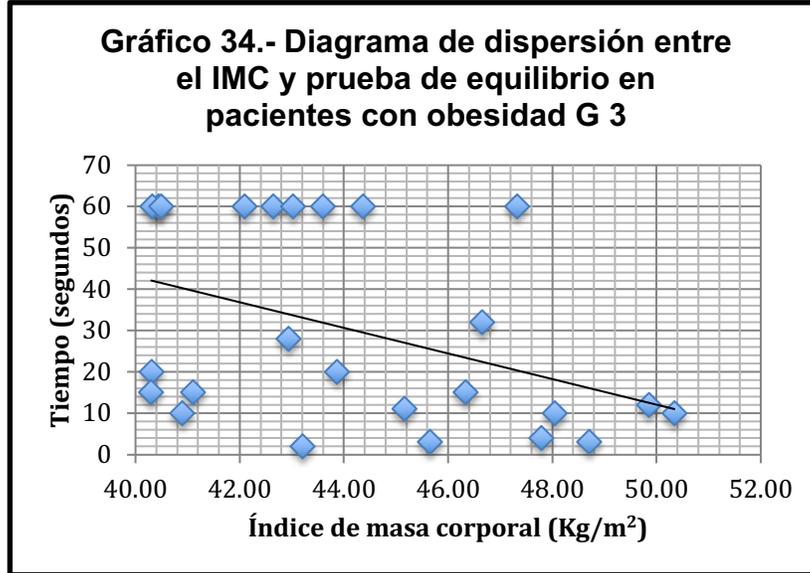


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación negativa entre el índice de masa corporal y la prueba de equilibrio en pacientes con obesidad G3.

### 3.- Correlación entre Índice de masa grasa y variables de funcionalidad física basado en categorías del IMC.

En los pacientes con peso sano, no hubo significancia estadística en las correlaciones de las pruebas de funcionalidad, y en el grupo de sobrepeso solamente con las pruebas de sentadilla y agilidad.

La prueba de calcetín tiene una correlación moderada en los pacientes del grupo con obesidad grado 1, el resto no tiene significancia estadística, así como ninguna prueba tuvo significancia con los pacientes con obesidad grado 2, y solamente la prueba de equilibrio monopodal en los pacientes con obesidad grado 3. El resumen del valor de las correlaciones se encuentra en la tabla 12 y los gráficos 35 a 38 representan los diagramas de dispersión de las correlaciones.

Tabla 12.- Correlaciones entre el Índice de masa grasa y las pruebas de funcionalidad de acuerdo con las categorías del IMC

Categoría de IMC	Variable de correlación	Coefficiente	Valor de P**	Nivel de correlación
Sobrepeso	Sentadillas	-0.623	0.001*	Moderada
	Agilidad	0.531	0.005*	Moderada
Obesidad grado 1	Calceñ	0.686	0.000	Moderada
Obesidad grado 3	Equilibrio	-0.688	0.000	Moderada

\* Prueba R de Pearson \*\*Prueba Rho de Spearman

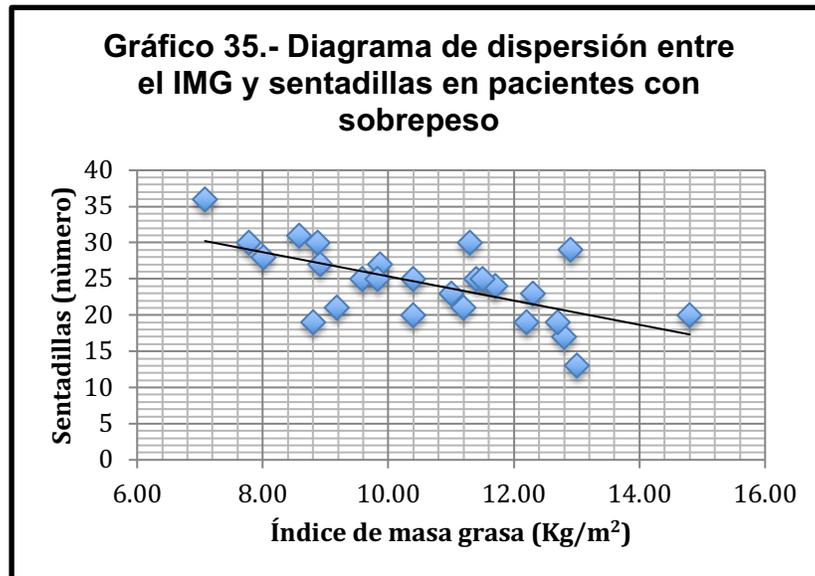


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación negativa entre el índice de masa grasa y la prueba de sentadillas en pacientes con sobrepeso.

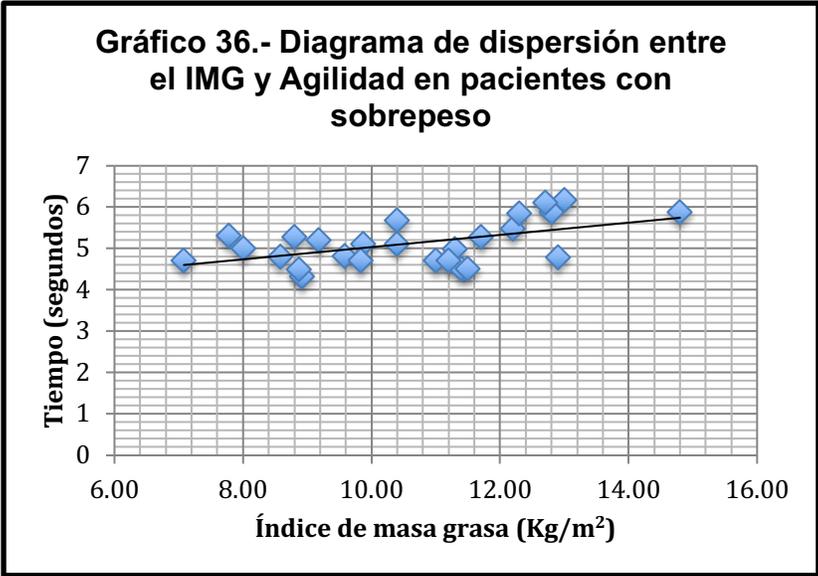


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación positiva entre el índice de masa grasa y la prueba de agilidad en pacientes con sobrepeso.

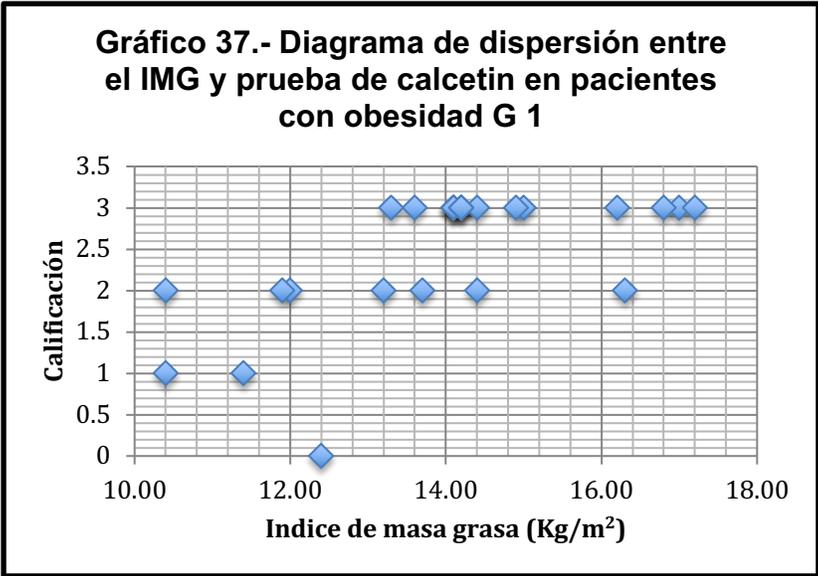


Diagrama de dispersión en donde se observa la tendencia hacia el aumento en la calificación de la prueba del calcetín conforme se incrementa el índice de masa grasa en pacientes con obesidad grado 1.

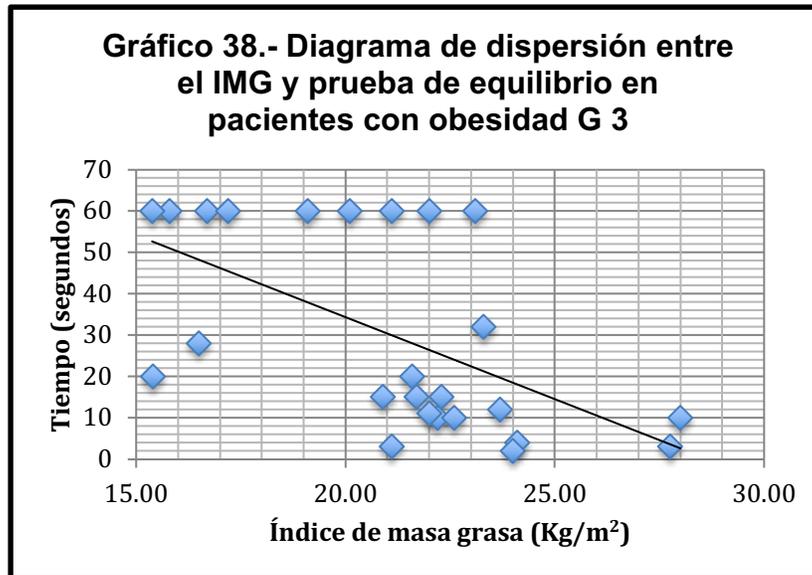


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación negativa entre el índice de masa grasa y la prueba de equilibrio en pacientes con obesidad G3.

4.- Correlación entre Índice de masa libre de grasa y variables de funcionalidad física basado en categorías del IMC.

El único grupo que tuvo correlación con significancia estadística fue el de sobrepeso con las pruebas de sentadillas y agilidad representados en la tabla 13 y gráficos 39 y 40. Ninguna de las demás pruebas ni categorías mostraron relevancia estadística.

Tabla 13.- Correlaciones entre el Índice de masa libre de grasa y las pruebas de funcionalidad en la población con sobrepeso

<b>Categoría de IMC</b>	<b>Variable de correlación</b>	<b>Coficiente</b>	<b>Valor de P*</b>	<b>Nivel de correlación</b>
Sobrepeso	Sentadillas	0.516	0.007	Moderada
	Agilidad	-0.529	0.005	Moderada

\* Prueba R de Pearson

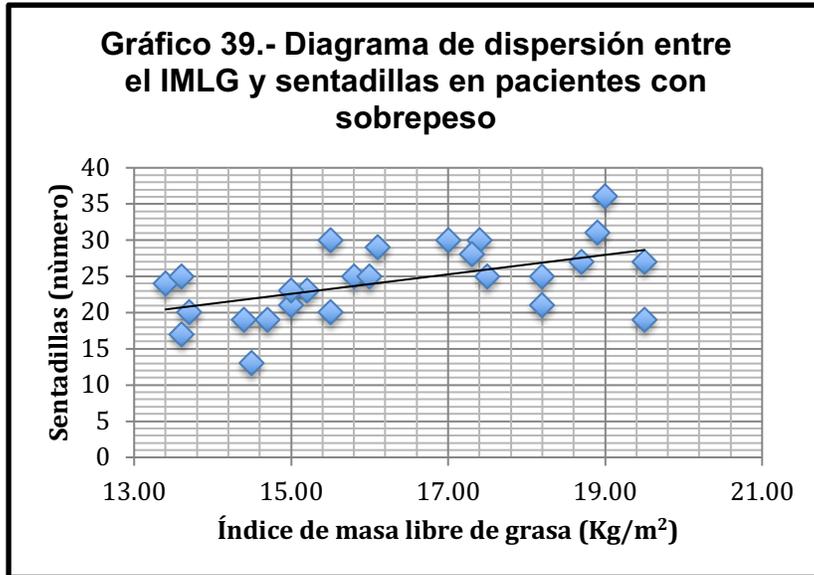


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación positiva entre el índice de masa libre de grasa y la prueba de sentadillas en pacientes con sobrepeso.

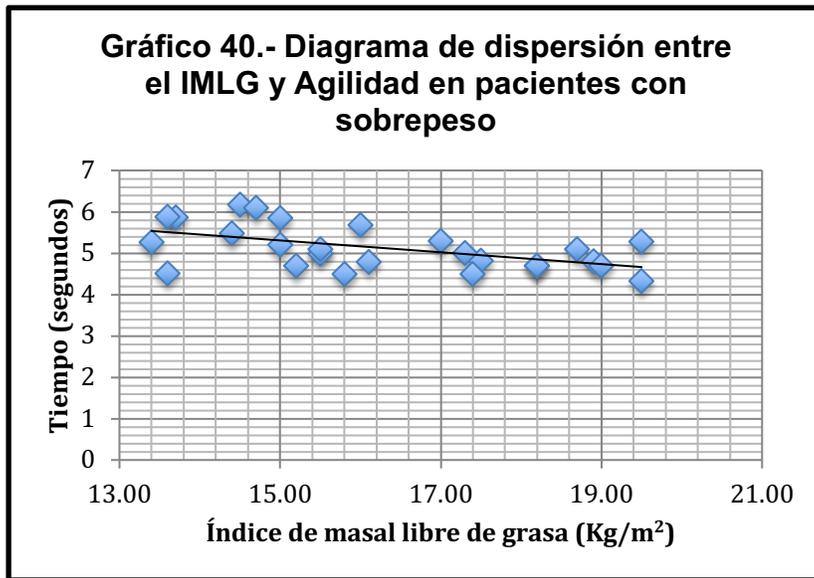


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación negativa entre el índice de masa libre de grasa y la prueba de agilidad en pacientes con sobrepeso.

5.- Correlación entre cociente grasa/músculo y variables de funcionalidad física basado en categorías del IMC.

Los pacientes con peso sano no tuvieron correlación significativa con ninguna de las pruebas, mientras que en la población con sobrepeso hubo correlación con las pruebas de sentadilla y agilidad. Para el grupo con obesidad grado 1 solo la prueba de calcetín fue significativa y para el grupo con obesidad grado 3 se encontró una correlación negativa con la prueba de equilibrio. En los pacientes con obesidad grado 2 no se encontró significancia estadística con ninguna prueba como se representa en la tabla 14 y en los gráficos 41 a 44.

Tabla 14.- Correlaciones entre el cociente grasa / músculo y las pruebas de funcionalidad por clasificación de IMC

<b>Categoría de IMC</b>	<b>Variable de correlación</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Valor de P**</b>	<b>Nivel de correlación</b>
Sobrepeso	Sentadillas	-0.619	0.001*	Moderada
	Agilidad	0.579	0.002*	Moderada
Obesidad grado 1	Calcetín	0.585	0.002	Moderada
Obesidad grado 3	Equilibrio	-0.562	0.003	Moderada

\* Prueba R de Pearson \*\*Prueba Rho de Spearman

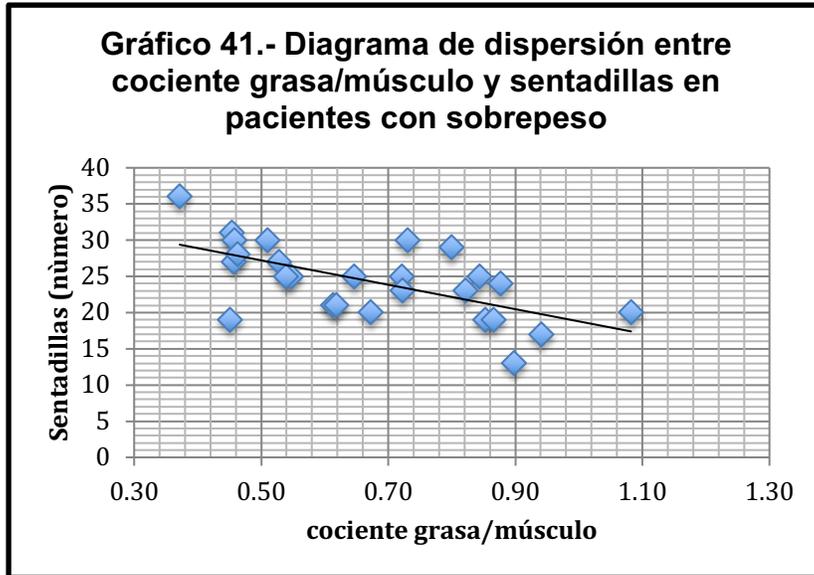


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación negativa entre el cociente grasa/músculo y la prueba de sentadillas en pacientes con sobrepeso.

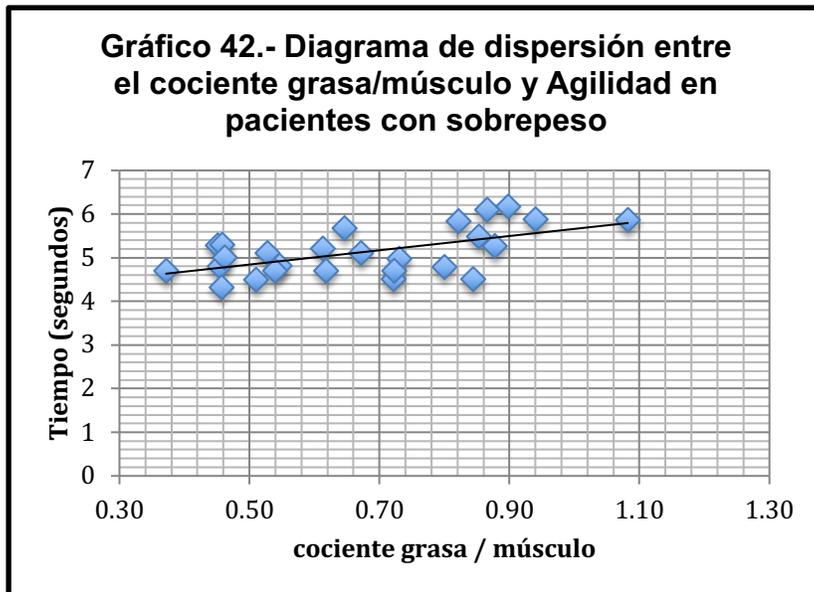


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación positiva entre el cociente grasa/músculo y la prueba de agilidad en pacientes con sobrepeso.

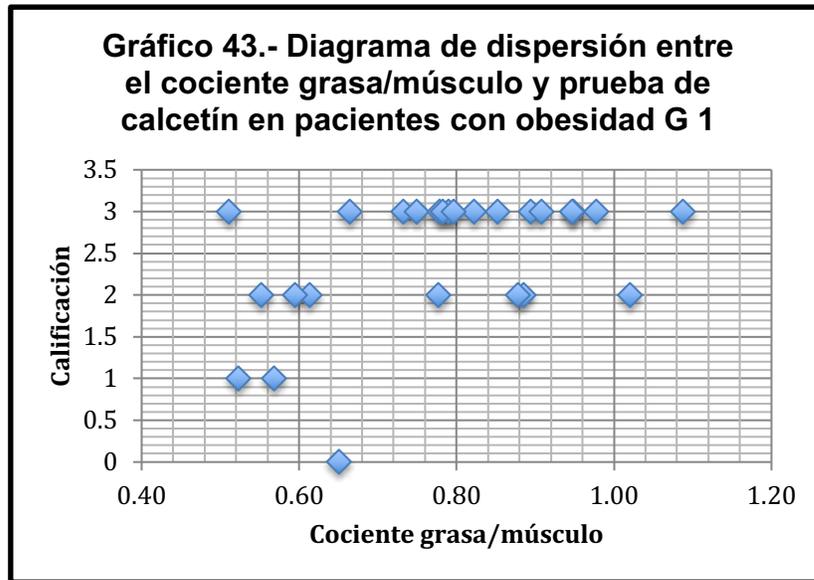


Diagrama de dispersión en donde se observa la tendencia hacia el aumento en la calificación de la prueba del calcetín conforme se incrementa el cociente grasa/músculo en pacientes con obesidad grado 1.

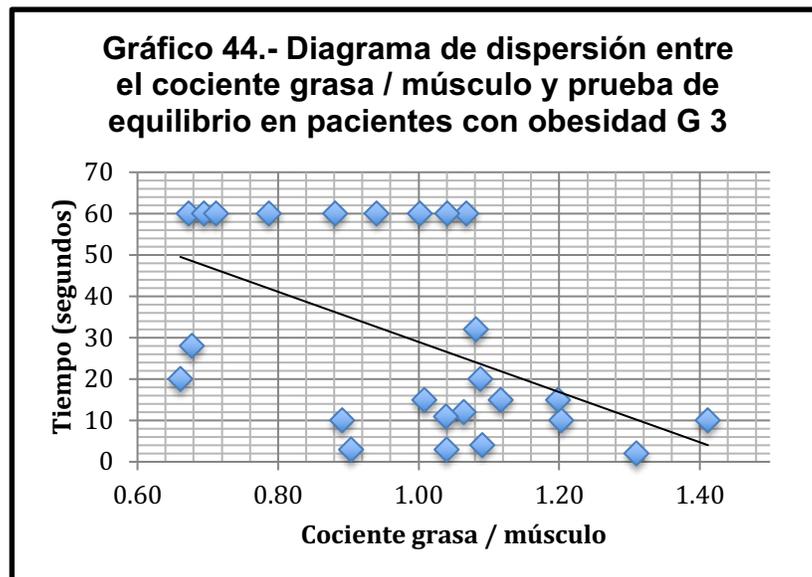


Diagrama de dispersión en donde se observa la correlación negativa entre el cociente grasa/músculo y la prueba de equilibrio en pacientes con obesidad G3.

## D. Regresión lineal

Para el cálculo de las ecuaciones de regresión, se tomaron en cuenta las correlaciones que mostraron significancia estadística entre las variables dependientes e independientes, tanto en la población general como en las subpoblaciones de acuerdo con el índice de masa corporal, las cuales se encuentran concentradas en la tabla 15.

Tabla 15.- Variables que tuvieron correlación con significancia estadística en la población general

Población	Variable independiente	Variable dependiente	Valor de la correlación
General	Índice cintura/cadera	Caletín	0.530
		Caminata	-0.195
	Índice de masa corporal	Caletín	0.795
		Equilibrio	-0.455
		Sentadillas	-0.307
		Agilidad	0.400
		Caminata	-0.470
	Índice de masa grasa	Caletín	0.748
		Equilibrio	-0.484
		Sentadillas	-0.340
		Agilidad	0.478
		Caminata	-0.508
	Índice de masa libre de grasa	Caletín	0.628
		Equilibrio	-0.267
		Sentadillas	-0.196
		Caminata	-0.321
	Cociente grasa/músculo	Caletín	0.514
		Equilibrio	-0.436
		Sentadilla	-0.289
		Agilidad	0.427
Caminata		-0.417	

Las formulas de regresión lineal simple para las variables que tuvieron correlación estadísticamente significativa en la población general son las representadas en la tabla 16.

Tabla 16.- Concentrado de formulas de regresión lineal para las variables con correlación estadísticamente significativas

Variable independiente	Variable dependiente	Fórmula de regresión	Valor P de la regresión
Índice Cintura Cadera	Caletín	N/A	
	Caminata	$Y=654.75-149.72(ICC)$	0.041
Índice de masa corporal	Caletín	N/A	
	Equilibrio	$Y= 91.905-1.431(IMC)$	0.000
	Sentadillas	$Y=34.506-0.309(IMC)$	0.001
	Agilidad	$Y=3.686+0.057(IMC)$	0.000
	Caminata	$Y= 708.68-5.595(IMC)$	0.000
Índice de masa grasa	Caletín	N/A	
	Equilibrio	$Y=75.97-2.25(IMG)$	0.000
	Sentadillas	$Y=31.24-0.499(IMG)$	0.000
	Agilidad	$Y= 4.189+0.09(IMG)$	0.000
	Caminata	$Y=646.45-8.807(IMG)$	0.000
Índice de masa Libre de grasa	Caletín	N/A	
	Equilibrio	$Y=79.858-2.01(IMLG)$	0.003
	Sentadillas	$Y=32.818-0.48(IMLG)$	0.040
	Caminata	$Y=689.65-9.39(IMLG)$	0.001
Cociente grasa / músculo	Caletín	N/A	
	Equilibrio	$Y=76.64-42.24(CGM)$	0.000
	Sentadilla	$Y= 31.40-9.37(CGM)$	0.002
	Agilidad	$Y=4.07+1.96(CGM)$	0.000
	Caminata	$Y=645.0-160.12(CGM)$	0.000

\*CGM= cociente grasa / musculo, N/A= no aplica por el escalamiento de la variable dependiente

Por clasificación del IMC, la única correlación con significancia estadística para los pacientes con peso sano fue entre el índice de masa corporal y el número de sentadillas, encontrándose una correlación positiva la siguiente fórmula de la regresión:

$$Y = -35.307 + 3.092 (\text{IMC}) \text{ con un valor P de la regresión de } 0.015$$

El grupo con sobrepeso fue el que más correlaciones se encontró con las diferentes pruebas de funcionalidad resumidas en la tabla 17.

Tabla 17.- variables que tuvieron correlación con significancia estadística en la población con sobrepeso

Población	Variable independiente	Variable dependiente	Valor de la correlación
Sobrepeso	Índice cintura / cadera	Calcetín	0.455
		Sentadillas	0.044
		Agilidad	-0.384
	Índice de masa corporal	Calcetín	0.403
	Índice de masa grasa	Sentadillas	-0.623
		Agilidad	0.531
	Índice de masa libre de grasa	Sentadillas	0.516
		Agilidad	-0.529
	Cociente grasa/músculo	Sentadillas	-0.619
		Agilidad	0.579

Las formulas de regresión de estas variables de representan en la tabla 18.

Tabla 18.- formulas de regresión de las variables con significancia estadística en los pacientes con sobrepeso

Población	Variable independiente	Variable dependiente	Fórmula de regresión	Valor P de la regresión
Sobrepeso	Índice cintura / cadera	Caletín	N/A	
		Sentadillas	$Y = 1.330 + 26.36$ (ICC)	0.044
		Agilidad	$Y = 7.426 - 2.641$ (ICC)	0.005
	Índice de masa corporal	Caletín	N/A	
	Índice de masa grasa	Sentadillas	$Y = 42.06 - 1.672$ (ICC)	0.001
		Agilidad	$Y = 3.55 + 0.148$ (ICC)	0.005
	Índice de masa libre de grasa	Sentadillas	$Y = 2.40 + 1.34$ (ICC)	0.007
		Agilidad	$Y = 7.45 - 0.143$ (ICC)	0.005
	Cociente grasa/músculo	Sentadillas	$Y = 35.649 - 16.86$ (CGM)	0.001
		Agilidad	$Y = 4.026 + 1.63$ (CGM)	0.002

\*CGM = cociente grasa / músculo; N/A= no aplica por el escalamiento de la variable dependiente

En el grupo con obesidad grado 1, las correlaciones se encontraron únicamente con la prueba de caletín y en las variables dependientes que involucran la cantidad de grasa como se observa en la tabla 19.

Tabla 19.- Variables que tuvieron correlación con significancia estadística en la población con obesidad grado 1

Población	Variable independiente	Variable dependiente	Valor de la correlación
Obesidad grado 1	Índice de masa corporal	Calcetín	0.534
	Índice de masa grasa	Calcetín	0.686
	Cociente grasa/musculo	Calcetín	0.585

Como se observa en la tabla 20, el grupo con obesidad grado 2 presentó dos correlaciones con significancia estadística, y estas son entre el índice cintura/cadera y la prueba del calcetín (correlación alta) y entre el índice de masa corporal y la prueba de sentadillas. La fórmula de regresión para el IMC y la prueba de sentadillas es la siguiente:

$$Y = 96.772 - 1.94(\text{IMC}), \text{ con un valor P de la regresión de } 0.033$$

Tabla 20.- Variables que tuvieron correlación con significancia estadística en la población con obesidad grado 2

Población	Variable independiente	Variable dependiente	Valor de la correlación
Obesidad grado 2	Índice Cintura / Cadera	Calcetín	0.711
	IMC	Sentadillas	-0.445

Finalmente, el grupo con obesidad grado 3 tuvo correlación únicamente con las pruebas de equilibrio monopodal y similar al grupo de pacientes con obesidad grado 1, solamente entre las variables que involucran la cantidad de grasa (índice de masa corporal, índice de masa grasa y cociente grasa/musculo), como se observa en la tabla 21, y las formulas de regresión se encuentran en la tabla 22.

Tabla 21.- Variables que tuvieron correlación con significancia estadística en la población con obesidad grado 3

Población	Variable independiente	Variable dependiente	Valor de la correlación
Obesidad grado 3	Índice de masa corporal	Equilibrio	-0.470
	Índice de masa grasa	Equilibrio	-0.688
	Cociente grasa/músculo	Equilibrio	-0.562

Tabla 22.- Formulas de regresión en el grupo de obesidad grado 3 para las variables de IMC e IMG y equilibrio

Población	Variable independiente	Variable dependiente	Valor de la correlación	Valor P de la regresión
Obesidad grado 3	Índice de masa corporal	Equilibrio	$Y=168.63-3.188(\text{IMC})$	0.032
	Índice de masa grasa	Equilibrio	$Y= 113.82-4.08(\text{IMG})$	0.002
	Cociente grasa/músculo	Equilibrio	$Y= 88.98 - 62.39(\text{IMG})$	0.007

## 12. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este estudio se pudo demostrar la correlación que existe entre los diferentes grados de obesidad y sobrepeso con las pruebas de funcionalidad, demostrando una mayor correlación entre las variables que representan la masa grasa que las que representan masa libre de grasa.

Se trata de una población que corresponde en proporción de sexo a los publicados por la encuesta nacional de salud y nutrición 2016 <sup>(1)</sup> con un ligero predominio en el sexo femenino sobre el masculino y una edad de 18 años y más, teniendo límite superior a los 56 años en la muestra.

Es una población con media de IMC de obesidad grado 1 igual que en el género femenino, y con media de obesidad grado 2 en el género masculino, situación que es evidentemente diferente a la población reportada en el ENSANUT 2016 <sup>(1)</sup>, con una prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad del 90.9%, por ser una clínica de concentración de pacientes con sobrepeso y obesidad, situación que se refleja también al categorizar la población por índice de masa grasa<sup>(5)</sup>. El índice de masa libre de grasa se encontró muy cerca del percentil 75 de acuerdo con la referencia <sup>(6)</sup>, que se atribuye a que la población presentó un índice de masa corporal mayor de 30 kg/m<sup>2</sup> con masa libre de grasa compensatoria más elevada que la población de referencia. El cociente masa grasa / masa libre de grasa no correspondió con lo publicado en la literatura para la clasificación del IMC <sup>(7)</sup> en el género masculino, ya que los valores obtenidos corresponden más a una población con IMC mayor de 40 kg/m<sup>2</sup>, aunque para el sexo femenino si se encontró en el rango de obesidad.

Los hallazgos en relación con la prueba del calcetín, con mayor dificultad (mayor calificación) al realizar la prueba conforme aumenta el índice de masa corporal, y el índice de masa grasa representan una mayor dificultad en esa actividad de la vida diaria conforme aumenta la cantidad de grasa, sin tener tanto impacto, aunque con significancia estadística, la relación con el índice de masa libre de grasa. Resulta normal que conforme aumenta el índice de masa corporal,

aumente también el índice de masa libre de grasa, por lo que este hallazgo en la correlación puede deberse más a la tendencia a aumentar el índice con el peso que por un efecto propio de la masa libre de grasa sobre la funcionalidad de la prueba. Es una prueba que involucra en diferentes medidas la flexión de columna, flexión de cadera y rodilla además de dorsiflexión del pie, que pueden verse afectadas en mayor medida por el efecto de volumen de la masa grasa en el cuerpo que con la ventaja funcional de la actividad muscular. No se encontraron estudios que relacionaran la calificación en esta prueba con las variables de composición corporal evaluadas en esta investigación.

El tiempo de equilibrio monopodal también tuvo mayor relación con las variables relacionadas con aumento de masa grasa que con la masa libre de grasa. Es una correlación negativa en todas las condiciones, lo que significa que, a mayor valor de la variable independiente, se espera menor tiempo de equilibrio. El índice de masa libre de grasa también presentó una correlación negativa, por lo que no tiene una ventaja funcional el tener más masa libre de grasa en esta población. De acuerdo con lo publicado por Nascimento, et al. <sup>(25)</sup>, si se considera el cuerpo humano estático como un péndulo invertido, las alteraciones posturales pueden estar relacionadas al desplazamiento del centro de gravedad, provocando cambios en el balance conforme el cuerpo, voluntaria o involuntariamente responde a las variaciones en este centro. El aumento en el volumen de las personas con obesidad no es simétrico, por lo que los cambios en el centro de gravedad pueden condicionar un menor tiempo de equilibrio monopodal, independientemente de la masa libre de grasa. En el estudio de González, et al. <sup>(32)</sup>, aunque fue una edad mayor ( $72.6 \pm 5.4$  años) con un IMC de  $35.1 \text{ kg/m}^2$  tuvieron un promedio (IC95%) de 11.86s (1.25-30), valores muy por debajo de los observados en nuestra población, atribuible a las características de la muestra en donde la edad es un factor importante en una menor calificación de la prueba.

Otra variable que también tuvo una correlación negativa con el índice de masa libre de grasa, contrario a lo que se esperaría, fue la prueba de sentadillas.

En esta se encontró una correlación baja en magnitud, pero igualmente negativa y con significancia estadística. En el supuesto de que la masa libre de grasa fuera un facilitador en las pruebas de funcionalidad, se esperaría que esta correlación fuera positiva, indicando que, a mayor masa libre de grasa, mayor número de sentadillas. Esta situación no se presentó, siendo la correlación negativa, lo que da a entender que no existe ventaja funcional en esta población al tener más masa libre de grasa para la fuerza en miembros inferiores. En el estudio de Davis, et al.<sup>(33)</sup> con un IMC de 27.2 kg/m<sup>2</sup> y edad de 60.8 años, tuvieron una calificación de 10.4 repeticiones, mientras que, en el grupo de obesidad del mismo estudio, con IMC de 33.0 kg/m<sup>2</sup> y edad de 60.3 años, alcanzaron 12.7 sentadillas. Por otro lado, Guller, et al.<sup>(34)</sup> en un grupo poblacional de 60 a 75 años e IMC desde sano hasta obesidad grado 2, tuvieron 14.2 repeticiones en el grupo de peso normal, 13.01 sentadillas en el sobrepeso y 12.65 sentadillas en el de obesidad. Todos con valores muy por debajo de nuestro grupo en donde solamente podemos inferir que la edad nuevamente es un factor para tener menos repeticiones independientemente de la composición corporal, nuevamente no se encontraron estudios que tuvieran muestra semejante sobre todo en edad para poder comparar los resultados.

La prueba que mide agilidad, como es el levantarse de una silla, caminar y regresar a sentarse, también es considerada una prueba de funcionalidad física y refleja la independencia para desplazarse desde una posición de relajación muscular, caminar, poder girar y regresar al punto de relajación muscular. Es una prueba que tuvo correlación negativa (como era de esperarse) moderada (más de 0.400) con significancia estadística en las 3 variables que representan la cantidad de masa grasa en la persona (Índice de masa corporal, índice de masa grasa y cociente grasa/músculo), sin significancia estadística con la masa libre de grasa. Los valores obtenidos en nuestra población no difieren de manera importante con el estudio de Nascimento et al.<sup>(25)</sup> en donde sus valores van desde 6.00±1.10s en el grupo de peso sano (en nuestra población fue de 5.13 ± 0.71s), hasta 6.98±1.93s en el grupo de obesidad (IMC 35.65 kg/m<sup>2</sup>), siendo en nuestro estudio de 6.30 ± 1.3s en ese grupo poblacional, aunque en el estudio la edad de su población fue de 24.7 ± 3.89

años. Balachandran, et al.<sup>(30)</sup> también utiliza esta prueba para valorar la funcionalidad, sin embargo, la edad de su población es mayor ( $71.3 \pm 5.7$  años), teniendo un promedio de  $6.6 \pm 2.5$ s valores por encima de nuestra población aún en el grupo con obesidad grado 3.

Finalmente, en la población en general, la prueba de caminata también presentó una correlación importante en las variables independientes que representan la cantidad de grasa, siendo una correlación evidentemente negativa en todos los casos y con una magnitud moderada. Su correlación con el índice de masa libre de grasa se considera leve (menos de 0.400) y al ser negativa, tampoco evidencia tener una ventaja funcional. El comportamiento de la población en este estudio fue el esperado, teniendo menos metros recorridos conforme incrementa el índice de masa corporal, únicamente con ligero incremento en la media de la obesidad grado 2 con respecto al grupo con obesidad grado 1, sin embargo, la desviación estándar de este último es mayor. El estudio de Capodaglio, et al.<sup>(31)</sup> refiere una distancia estimada de  $561.98 \pm 44.99$ m en el grupo con obesidad grado 1, que es mayor a la distancia recorrida en nuestra población aún con una población similar (rango de 20 a 60 años). Por el contrario, nuestros valores son mayores a los publicados por Marzena, et al. <sup>(35)</sup> quien reporta una media de  $385 \pm 7.07$ m en sobrepeso,  $340 \pm 34.64$  m en obesidad grado 1,  $381.82 \pm 51.54$ m en obesidad grado 2 y  $375.63 \pm 73.8$ m en obesidad grado 3. En este estudio también el grupo con obesidad grado 1 recorrió menor distancia que en el grupo de obesidad grado 2 e inclusive con obesidad grado 3.

La variable independiente del índice cintura/cadera solamente tuvo correlación con significancia estadística con la prueba de calcetín (correlación moderada por ser mayor de 0.400) y una correlación muy leve, negativa con la prueba de caminata. La prueba de calcetín tuvo correlaciones más elevadas en magnitud con el índice de masa corporal y el índice de masa grasa, por lo que no se considera relevante tomar esta variable para asociarla al aumento en calificación de la prueba.

La población con peso sano se correlacionó únicamente con la prueba de sentadillas y el Índice de masa corporal, una correlación alta y con significancia estadística, pero al ser la única, es posible que estas pruebas de funcionalidad no estén indicadas para esta población, ya que además en las pruebas de calcetín y equilibrio alcanzaron el tope máximo posible (calificación 0 en la prueba de calcetín y 60 segundos en el equilibrio monopodal) en ambas pruebas.

En la población con sobrepeso fue donde se encontraron la mayor cantidad de correlaciones, en su mayoría de magnitud moderada (más de 0.400), y con significancia estadística. En esta población se pueden estimar los valores de las pruebas funcionales, principalmente las de sentadillas y agilidad.

La prueba de calcetín tiene mayor problema en su realización a partir de la obesidad grado 1, en donde se encontró una correlación moderada con el índice de masa corporal, el índice de masa grasa y el cociente grasa/músculo.

La prueba de calcetín tuvo una correlación fuerte (más de 0.700) con el índice cintura / cadera, y moderada con las pruebas de sentadillas al asociarse esta última con el índice de masa corporal.

Por último, en el grupo de obesidad grado 3, la correlación entre equilibrio y las variables que reflejan mayor cantidad de grasa (IMC, IMG, cociente grasa/músculo) fue de magnitud moderada y con significancia estadística, evidenciando que, a mayor cantidad de grasa, menor equilibrio monopodal considerando un probable mayor riesgo de caída o menor confiabilidad para realizar movimientos en espacios limitados o pequeños.

Este estudio demuestra la asociación del aumento en los grados de obesidad (específicamente a partir de la masa grasa) con las pruebas de funcionalidad, demostrando que al aumentar la cantidad de grasa, existe mayor limitación funcional en capacidad de desplazamiento en grandes espacios (como la caminata), en fuerza y libertad de movimiento (agilidad y sentadillas) y mayor dificultad para mantener el equilibrio, representando mayor riesgo de caídas y probablemente

mayor dependencia a mediano plazo en el adulto joven. Es muy importante considerar estas alteraciones de funcionalidad al momento de prescribir un programa de ejercicio, ya que además de tomar en cuenta posibles limitaciones visuales y/o auditivas, se debe implementar trabajo físico adecuado al riesgo de lesión en este grupo poblacional. En este sentido, se considera que el mayor impacto en la prescripción de ejercicio en pacientes sobre todo con obesidad grado 3 puede darse en la dosificación de ejercicio aeróbico, con progresión a volumen alto para estimular la mayor cantidad de beta oxidación posible, ya que las pruebas de funcionalidad no pudieron demostrar correlación con el índice de masa libre de grasa.

El evaluar diferentes aspectos de la vida diaria es una fortaleza del estudio ya que las pruebas elegidas valoran diferentes aspectos de funcionalidad de las personas en la vida diaria, desde actividades de vestido y cuidado personal hasta caminar de forma continua representando la distancia que una persona debe recorrer en independencia en el día a día. Esta situación permite trasladar los hallazgos a la prescripción de ejercicio del paciente de manera específica en cuanto a las limitaciones de movilidad, agilidad y equilibrio que presenta. Otra ventaja del estudio es que las pruebas se pueden realizar en una misma sesión y no requieren mayor preparación física ni del ambiente, permitiendo aplicar gran cantidad de pruebas al día y a los pacientes no se les requiere en sesiones posteriores, situación que puede perjudicar el apego y el cumplimiento del protocolo por pérdidas o muestras incompletas de un solo paciente.

La medición de la composición corporal se realizó con básculas de impedancia bio-eléctrica, las cuáles actualmente se encuentran muy accesibles, en diferentes modelos y precios, situación que hace factible la reproducción y aplicación de los resultados del estudio en centros de diferente nivel de atención sin requerir equipo de alta especialidad, al igual que el no se necesita equipo especializado para realizar las pruebas de funcionalidad.

Aunque el tamaño muestral es grande en general, cuando se divide en categorías de índice de masa corporal se reduce en cada grupo, representando una desventaja del estudio, que, aunque no se ve afectada en la distribución de normalidad, si podría modificar los coeficientes de correlación si aumentáramos la N de la población.

Se requieren más estudios de correlación entre la composición corporal y la funcionalidad física en adultos jóvenes para poder extrapolar estos hallazgos y tener valores normales en diferentes poblaciones. Esto posteriormente va a permitir que se escriban guías más completas en la prescripción de ejercicio para la pérdida de peso corporal o mejoramiento de la composición corporal que tomen en cuenta las limitantes específicas de cada persona. Esto podría tener un impacto en mayor adherencia y menor riesgo de abandono del programa por cuestiones biomecánicas y/o físicas y tener mejor pronóstico a mediano plazo en el tratamiento de pérdida de peso por la parte del ejercicio físico.

### 13. REFERENCIAS

1. Hernández-Ávila M. et al. (2016). Encuesta Nacional de salud y nutrición de medio camino (ENSANUT 2016). Instituto Nacional de Salud Pública. México.
2. Tomlinson D.J., Erskine R.M., Morese C.I., Winwood K., Onambélé-Pearson G., (2016). The impact of obesity on skeletal muscle strength and structure through adolescence to old age. *Biogerontology*, 17: 467-483. doi: 10.1007/s10522-015-9626-4.
3. Monira S., et al, (2017). Fat mass and fat distribution are associated with low back pain intensity and disability: results from a cohort study. *Arthritis Research and Therapy*, 19:26. doi 10.1186/s13075-017-1242-z.
4. Peterson M.D., Mahmoudi E., (2015). Healthcare utilization associated with obesity and physical disabilities. *Am J Prev Med.* 48(4): 426-435. doi: 10.1016/j.amepre.2014.11.007
5. Kelly T.L., Wilson K.E., Heymsfield S.B., (2009). Dual energy X-ray absorptiometry body composition reference values from NHANES. *PLoS ONE*, 4(9): e7038. doi:10.1371/journal.pone.0007038.
6. Kudsk K.A., Munoz-del-Rio A., Busch R.A., Kight C.E., Schoeller D.A. (2015). Stratification of fat-free mass index percentiles for body composition based on National Health and Nutrition Examination Survey III Bioelectric Impedance Data. *Parenter Enteral Nutr.* doi: 10.1177/0148607115592672.
7. Xiao J., Purcell S.A., Prado C.M., Gonzalez M.C., (2017). Fat mass to fat-free mass ratio reference values from NHANES III using bioelectrical impedance analysis. *Clinical Nutrition*, 1-4. doi. 10.1016/j.clnu.2017.09.021
8. Tamura L. S., Cazzo E., Chaim E.A., Rocha Piedade S., (2016). Influence of morbid obesity on physical capacity, knee-related symptoms and overall quality of life: A cross-sectional study. *Rev Asoc Med Bras*, 63(2):142-147.
9. Machado de Rezende L., Rodríguez López M., Rey-López J.P., Rodríguez Matsudo K., Olinda do Carmo L., (2014). Sedentary behavior and health outcomes: an overview of systematic reviews. *Plos One*. 9:8. doi 10.1371/journal.pone.0105620.

10. Skrypnik K., et al. Effects of endurance and endurance strength training on body composition and physical capacity in women with abdominal obesity. *Obesity Facts*, 8:175-187. doi: 10.1159/000431002.
11. Reinders I., et al. (2015). BMI trajectories in relation to change in lean mass and physical function: The Health ABC Study. *J AM Geriatr Soc.* 63 (8): 1615-1621. doi: 10.1111/jgs.13524.
12. Adair L.S., Duazo P., Borja J.B. (2018). How overweight and obesity relate to the development of functional limitations among Filipino women. *Geriatrics.* 3(63). doi: 10.3390/geriatrics3040063.
13. Baker A., Sirois-Leclerc H., Tulloch H.(2016). The impact of long-term physical activity interventions for overweight/obese postmenopausal women on adiposity indicators, physical capacity, and mental health outcomes: A systematic review. *J Obesity*, 2016. doi: 10.1155/2016/6169890.
14. Vincent H.K., Vincent K.R., Lamb K.M, (2010). Obesity and mobility disability in the older adult. *Obesity Reviews.* 11, 568-579. doi. 10.1111/j.1467-789X.2009.00703.x.
15. Kritchevsky S.B., et al. (2017). exercise's effect on mobility disability in older adults with and without obesity: The LIFE study randomized clinical trial. *Obesity (silver Spring).* 25(7): 1199-1205. doi:10.1002/oby.21860.
16. Rejeski W.J., Marsh A.P., Chmelo E., Rejesky J.J. (2010). Obesity, intentional weight loss, and physical disability in older adults. *Obes Rev;* 11(9). doi 10.1111/j.1467-789X.2009.00679.x.
17. Kumar A., et al. (2015). The effect of obesity on incidence of disability and mortality in mexicans aged 50 years and older. *Salud Publica Mex.* 57(01): s31-s38.
18. Correia de Faria Santarém G., et al. (2015). Correlation between body composition and walking capacity in severe obesity. *Plos One* 10(6). doi 10.1371/journal.pone.0130268.
19. Dalle R., Soave F., Ruocco A., Dametti L., Calugi S. (2020). Quality of life and physical performance in patients with obesity: a network analysis. *Nutrients.* 12 602). Doi: 10.3390/nu12030602.

20. Hergenroeder A., Brach J., Otto A., Sparto P., Jakicic J. (2011). Influence of body mass index on self-report and performance-based measures of physical function in adult women. *Cardiopul Phys Ther Jr.* 22(3).
21. Dutil M, Handrigan G., Corbeil P., Cantin V., Simoneau M., Teasdale N., Hue O. (2013). The impact of obesity on balance control in community-dwelling older women. *AGE*, 35:883-890. Doi. 10.1007/s11357-012-9386-x.
22. Vieira Gadducci A., de Cleve R., Correia de Faria Santarem G., Santos Silva P., D Andrea Greve J.M., Santo Marco A.. (2017). Muscle strength and body composition in severe obesity. *Clinics* 72(5):272-275. doi 10.6061/clinics/2017(05)03.
23. Strand L.I., Wie S.L., (1999). The sock test for evaluation activity limitation in patients with musculoskeletal pain. *Phys Ther*, 79(2), 136-145.
24. Anson E., Thompson E., Odle B., Jeka J., Walls Z., Panus P. (2018). The influences of age, obesity and adverse drug effects on balance and mobility testing scores in ambulatory older adults. *J Geriatr Phys Ther.* 41(4): 218-229. Doi:10.1519/JPT.000000000000124.
25. Nascimento J., Silva C., dos Santos H., de Almeida J., Andrade P. (2017). A preliminary study of static and dynamic balance in sedentary obese Young adults: the relationship between BMI, posture and postural balance. *Clinical Obesity*. Doi: 10.1111/cob.12209.
26. Bautmans I., Lambert M., Mets T. (2004). The six-minute walk test in community dwelling elderly: influence of health status. *BMC Geriatrics*, 4:6. Doi: 10.1186/1471-2318-4-6.
27. Hussien J., Brunet J., Jerome A., Lucie L., Baillot A. (2020). Living with severe obesity: adults physical activity preferences, self-efficacy to overcome barriers and motives. *Disability and Rehabilitation*. Doi: 10.1080/09638288.2020.1773944.
28. Ozturk Guzin Z.; Etaskin Egici M., Bukhari Mulazim H., Dilek T. (2017). Association between body mass index and activities of daily living in homecare patients. *Pak J Med Sci* 33 (6). pp 1479-1484. doi 10.12669/pjms.336.13748.
29. Menegoni F., Galli M., Tacchini E., Vismara L., Cavigioli M., Capodaglio P. (2009). Gender-specific effect of obesity on balance. *Obesity*. 82. Doi. 10.1038/oby2009.82.

30. Balachandran A., Vigotsky A., Quiles N., Morkink L., Belio M., McKenzie Glenn J. (2021). Validity, reliability, and measurement error of a sit-to-stand power test in older adults: A pre-registered study. *Experimental Gerontology* 145:111(202). Doi: 10.1016/j.exger.2020.111202.
31. Capodaglio P., et al. (2012). Reference values for the 6-Min Walking Test in Obese subjects. *Disability & Rehabilitation*, 1-5. doi: 10.3109/09638288.2012.726313.
32. Gonzalez M., Gates D., Rosenblatt N. (2020). The impact of obesity on gait stability in older adults. *J Biomech.* 100: 109585. Doi:10.1016/j.jbiomech.2019.109585.
33. Davis H., Blue M., Hirsch K., Luc-Harkey B., Anderson K., Smith-Ryan A., Pietrosimone B. (2019). Body composition is associated with physical performance in individuals with knee osteoarthritis. *J. Clin Rheumatol* 2019; 00-00-00. Doi: 10.1097/RHU.0000000000000967.
34. Güler M., Yüksek S., Göksu Ö. (2020). Investigation of the relationship between body mass index and physical fitness in older women. *Int Jr SCS*, 8(1):1-10. Doi: 10.14486/IntJSCS.2020.591.
35. Marzena K., Hanna S., Magda K., Przemyslaw W., Karolina J. (2020). Evaluation of the capacity of patients with pathological obesity, in a six-minutes march test, before and after laparoscopic sleeve gastrectomy. *Jr of Education, health and Sport.* 10(9): 92-102. Doi: 10.12775/JEHS.2020.10.09.010.
36. Larsson U.E., Reynisdottir S., The six-minute walk test in outpatients with obesity: reproducibility and known group validity. *Physiother. Res. Int.* 13(2), 84-93. doi: 10.1002/pri.398.
37. Newton R.A., Cromwell R.L., Rogers H.L., (2009). The relationship between physical performance and obesity in elderly african-american women. *Phys & occupational Ther in Geriatrics*, 27 (6). 423-440. doi. 10.3109/02703180902937883.
38. Berlault K., et al. (2009). Reproducibility of the 6-minute walk test in obese adults. *Int J Sports Med*, 30. 725-727. doi. 10.1055/s-0029-1231043.
39. Ramírez-Cardona L., Valenzuela-Cazes A., (2014). Aplicación del test de 6 minutos en personas con obesidad, en un programa de actividad física. *Rev. salud pública.* 16(4), 516-521. doi. 10.15446/rsap.v16n4.45740.

40. Kear B., Guck T.P., McGaha A.L., (2017). Timed Up and Go (TUG) test: normative reference values for ages 20 to 59 years and relationships with physical and mental health risk factors. *J Primary Care & Community Health*, 8(1) 9-13. doi: 10.1177/2150131916659282.
41. Menegoni F., et al. (2009). Gender-specific effect of obesity on balance. *Obesity*, 17(10), 1951-1956. doi: 10.1038/oby.209.82.
42. Greve J., Alonso A., Bordini A.C.P.G., Camanho G.L., Correlation between body mass index and postural balance. *Clinics*. 62(6). 717-720.
43. Lin C., Kelechi T., Mueller M., Brotherton S., Smith S.(2012). Gait and function in class III obesity. *J of Obesity*. doi: 10.1155/2012/257468.
44. Hussain S.M., et al. Fat mass and fat distribution are associated with low back pain intensity and disability: results from a cohort study. (2017). *Arthritis Research & Therapy*. 19(26). doi: 10.1186/s13075-017-1242-z.
45. Peterson M.D., Mahmoudi E., (2015). Healthcare utilization associated with obesity and physical disabilities. *Am J Prev Med*. 48(4): 426-435. doi: 10.1016/j.amepre.2014.11.007
46. Gadducci A.V., et al. ((2017). Muscle strength and body composition in severe obesity. *Clinics*. 72(5): 272-275. doi: 10.6061/clinics/2017(05)03.
47. Al-Dokhi L., (2015). Association of the new index of sarcopenic obesity with physical fitness in healthy Saudi men and women. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 19:328-333.
48. Rezende L.F., López M.R., Rey-López J.P., Matsudo VKR, Luiz OdC. (2014). Sedentary behavior and health outcomes: An overview of systematic reviews. *PLoS ONE* 9(8): e105620. doi:10.1371/journal.pone.0105620.
49. Tamura L.S., Cazzo E., Chaim E.A., Rocha-Piedade S., (2017). Influence of morbid obesity on physical capacity, knee-related symptoms and overall quality of life: A cross-sectional study. *Rev Assoc Med Bras*. 63(2):142-147. doi:10.1590/1806-9282.63.02.142.
50. Goossens G., (2017). The metabolic phenotype in obesity: fat mass, body fat distribution, and adipose tissue function. *Obesity Facts*. 10:207-215. doi:10.1159/000471488.

51. Vatvik E., R  heim M., Andersen J.R., Moltu Ch., (2018). Living a successful weight loss after severe obesity. *Int J Qualitative Studies on Health and Well-being*. 13, 1487762. doi: 10.1080/17482631.2018.1487762.
52. Bindawas S., (2016). Relationship between frequent knee pain, obesity, and gait speed in older adults: data from the Osteoarthritis Initiative. *Clinical Interventions in Aging*. 11:237-244. doi: 10.2147/CIA.S100546.
53. Zoico E., et al (2004). Physical disability and muscular strength in relation to obesity and different body composition indexes in a sample of healthy elderly women. *Int jr Obesity*. 28, 234-241. doi:10.1038/sj.ijo.0802552.
54. Villareal D., et al. (2017). Aerobic or resistance exercise, of both, in dieting obese older adults. *N Engl J Med*. 376(20): 1943-1955. doi:10.1056//NEJMoa1616338.
55. García-Esquinas E., et al. (2015). Obesity, fat distribution, and risk of frailty in two population-based cohorts of older adults in Spain. *Obesity* 23(4):847-855. doi:10.1002/oby.21013.
56. Valero G., Licenziati M.R., Tortorelli P., Calandriello L.F., Alicante P., Scalfi L., (2018). Lower performance in the six-minute walk test in obese youth with cardiometabolic risk clustering. *Front Endocrinol*. 9:701. doi: 10.3389/fendo.2018.00701.

## **Anexo 1. Consentimiento informado**

### **Correlación entre la composición corporal y la funcionalidad muscular en una muestra de pacientes adultos.**

#### **Consentimiento informado para participar en el proyecto de investigación.**

Por este conducto le hacemos una cordial invitación a participar en el presente protocolo de investigación sobre la influencia de la composición corporal en la funcionalidad física de sujetos de 20-55 años. Por favor lea este consentimiento detenidamente; tómese tiempo para formular todas las preguntas que desee. Si hay algo que no esté claro, el personal responsable del estudio se lo explicará con más detalle.

#### **Propósito del estudio**

El propósito del presente estudio es conocer la influencia de la composición corporal (masa grasa y masa muscular) en la funcionalidad física.

Los pacientes con exceso de peso experimentan mayor limitación en su funcionalidad física en comparación con sujetos con peso normal. La funcionalidad física es aquella que permite desempeñar de manera independiente las actividades de la vida diaria. Los individuos con exceso de peso experimentan el círculo vicioso de baja capacidad para el ejercicio, discapacidad física y falta de aire, que a su vez los lleva a la inactividad física, produciendo una mayor ganancia de peso y disminución de la funcionalidad física.

#### **Participación voluntaria**

Es importante comunicarle que su participación es completamente VOLUNTARIA; en caso de que decida participar en nuestra investigación, toda la información que nos proporcione será totalmente CONFIDENCIAL. Además NO TIENE COSTO ADICIONAL y está en total libertad de decidir si participa o no. La decisión que usted tome no afectará en lo absoluto el tratamiento que recibe por parte de nuestro centro, ni en el trato de las personas involucradas en su tratamiento. La investigación es independiente a la atención que se le brinda en esta Institución.

## **Procedimiento**

Se le realizarán 5 pruebas de funcionalidad

1. Test de equilibrio estático. Mantenerse en el sitio sobre un pie por 60 segundos.
2. Test de fuerza para las extremidades inferiores. Levantarse y sentarse en una silla durante 30 segundos.
3. Test de agilidad. Levantarse de una silla, caminar 3 metros y volver a sentarse.
4. Test de resistencia aeróbica. Caminar la mayor distancia posible durante 6 minutos.
5. Test del calcetín. Sentado en una mesa de exploración con los pies colgados intentar tocar los dedos del pie con ambas manos.

## **Riesgos y/o incomodidades**

Los riesgos e incomodidades que pudieran presentarse al realizar las pruebas de funcionalidad son mínimos si se siguen las recomendaciones del médico, pero pudiera ocurrir dolor en articulaciones (cadera, rodillas, tobillos y espalda baja), calambres, sensación de falta de aire, mareo o náuseas.

## **Posibles beneficios**

Las pruebas permitirán realizar una prescripción de ejercicio específica e individualizada para alcanzar sus objetivos personales y mejorar su estado de salud.

## AUTORIZACIÓN

### **Correlación entre la composición corporal y la funcionalidad muscular en una muestra de pacientes adultos.**

He leído y comprendido la información anterior y todas mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. Estoy de acuerdo en participar de manera libre y voluntaria en este estudio.

Los objetivos generales, particulares del estudio y los posibles daños o inconvenientes me han sido explicados a mi entera satisfacción. Estoy enterado de que los datos obtenidos en esta investigación pueden ser publicados y difundidos con fines científicos, siempre manteniéndolos anónimos. Estoy enterado que no habrá ninguna repercusión en mi tratamiento o atención médica en este hospital, por lo que soy libre de participar o no. Mi firma también indica que he recibido una copia de este consentimiento informado.

Nombre y firma del participante: \_\_\_\_\_

Nombre y firma del testigo 1: \_\_\_\_\_

Nombre y firma del testigo 2: \_\_\_\_\_

Nombre y firma del investigador: \_\_\_\_\_