



**Centro de Investigación en Alimentación y  
Desarrollo, A.C.**

**ASOCIACIÓN DE LOS ÍNDICES DE MASA GRASA Y  
MASA LIBRE DE GRASA CON EL BAJO DESEMPEÑO  
FÍSICO EN ADULTOS MAYORES**

---

Por:

**Maribel Ramírez Torres**

TESIS APROBADA POR LA

COORDINACIÓN DE NUTRICIÓN

Como requisito parcial para obtener el grado de

**MAESTRÍA EN CIENCIAS**

## APROBACIÓN

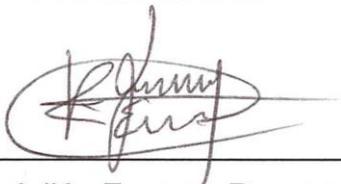
Los miembros del comité designado para revisar la tesis de la Licenciada en Ciencias Nutricionales Maribel Ramírez Torres, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias.



---

Dr. Heliodoro Alemán Mateo

Director de tesis



---

Dr. Julián Esparza Romero

Asesor



---

M en C. Miriam T. López Teros

Asesor



---

Dr. Mauro E. Valencia Juillerat

Asesor

## DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

La información generada en esta tesis es propiedad intelectual del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del Director General del CIAD.

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del manuscrito en cuestión del director de tesis.



---

Dr. Pablo Wong González  
Director General

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada durante los 2 años de posgrado en Ciencias.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C (CIAD). Por permitirme estudiar la maestría, brindarme espacio en sus instalaciones, en general por todas las facilidades otorgadas en estos 2 años y medio.

Para la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA), por financiar este proyecto, cabe mencionar que este proyecto forma parte de un proyecto más grande en la colaboración de 12 países de América Latina y el Caribe. También por otorgarme el apoyo económico para la estancia de una semana en el INTA, Santiago de Chile.

Para CONACYT por los fondos al proyecto CB-2013-01-221664 y del cual fue derivada este proyecto de tesis.

A todos los adultos mayores que participaron en este proyecto, por su cooperación, su tiempo y calidez humana.

A mi director de tesis el Dr. Heliodoro Alemán Mateo, por su paciencia, tiempo y disponibilidad en horarios extras. También por compartir su experiencia y conocimientos en el campo de la nutrición geriátrica. Además de brindarme su amistad en todo este tiempo.

Al Dr. Julián Esparza Romero por compartir su gran experiencia y conocimiento estadístico. También por apoyarme y dedicarme de su tiempo, además de compartir sus anécdotas animándome para seguir adelante.

A la M.C. Miriam T. López Teros por todo su conocimiento y contribución en este proyecto, por sus consejos y entera disposición.

Al Dr. Mauro E. Valencia por compartir su gran experiencia en la investigación en temas de nutrición, por ser un excelente maestro y ser humano. Por guiarme y animarme a seguir con un posgrado después de haber sido mi director de tesis en la licenciatura.

A la M.C. Rosa María Cabrera por apoyo técnico en la realización de este proyecto, aconsejarme y siempre darme ánimos.

Al M.C. José A. Ponce por el apoyo técnico en este proyecto y ayudarme en mi estandarización en las técnicas antropométricas.

A M.C. Alma Robles por el apoyo técnico en el FTIR y siempre estar al pendiente de mis mediciones.

A mis compañeros de cubículo y equipo de trabajo especialmente a Karla Pimienta, Rogelio, Roxana, Jonathan compartiéndome su tiempo, amistad y ayudándome con el escrito de tesis.

A mi compañero de maestría Marcos Lavandera, por su entera disposición y ayuda con el análisis estadístico.

A Karen Ochoa, Fernanda Navarro, Janet Ramírez, Iveth Galaz y Antonio Ulloa por formar parte muy importante desde el inicio en este proyecto, por su tiempo y dedicación.

A mis padres y hermanas por su apoyo brindado a lo largo de estos 2 años.

A Miguel Burgos por estar ahí en cada momento, por comprenderme y apoyarme siempre.

Y principalmente a Dios que me ha dado la oportunidad de llegar hasta aquí.

## **DECICATORIA**

*A mis padres:*

Hugo Ramírez Contreras

Julieta Torres Ramírez

*A mis hermanas:*

Dinora Ramírez Torres

Denisse Ramírez Torres

Janet Ramírez Torres

## CONTENIDO

	Página
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>x</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. ANTECEDENTES</b> .....	<b>4</b>
II.1 Discapacidad Física en el Adulto Mayor .....	<b>4</b>
II.1.1 Desempeño Físico .....	<b>5</b>
II.2 Factores Asociados a la Discapacidad Física y Desempeño Físico .....	<b>6</b>
II.2.1 Contribución de las Alteraciones en la Composición Corporal con la Discapacidad y Desempeño Físico. ....	<b>7</b>
II.2.2 Asociación de los Diferentes Índices de Componentes de la Composición Corporal y Desempeño Físico.....	<b>13</b>
<b>III. HIPÓTESIS</b> .....	<b>16</b>
<b>IV. OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
IV.1 General .....	<b>17</b>
IV.2 Específicos .....	<b>17</b>
<b>V. SUJETOS Y MÉTODOS</b> .....	<b>18</b>
V.1 Diseño de Estudio .....	<b>18</b>
V.2 Sujetos.....	<b>18</b>
V.2.1 Criterios de Inclusión .....	<b>20</b>
V.2.2 Criterios de Exclusión .....	<b>20</b>
V.3 Mediciones .....	<b>21</b>
V.3.1 Antropometría.....	<b>21</b>
V.3.2 Composición Corporal .....	<b>21</b>
V.3.3 Evaluación del Desempeño Físico .....	<b>27</b>
V.4 Definición de la Variable de Respuesta: Bajo Desempeño Físico o Riesgo de Discapacidad Física .....	<b>27</b>
V.5 Definición de las Variables de Exposición: IMLG e IMG.....	<b>28</b>
V.6 Evaluación de las Covariables o Variables Confusoras .....	<b>28</b>
V.7 Análisis Estadístico.....	<b>31</b>
<b>VI. RESULTADOS</b> .....	<b>33</b>

VI.1 Asociación del IMLG e IMG Obtenida por el Método de Hidrometría con Bajo Desempeño Físico .....	<b>36</b>
VI.2 Asociación del IMLG e IMG Obtenida por DXA con Bajo Desempeño Físico .....	<b>38</b>
<b>VII. DISCUSIÓN .....</b>	<b>46</b>

**CONTENIDO (continuación)**

	<b>Página</b>
<b>VIII CONCLUSIÓN .....</b>	<b>47</b>
<b>IX. REFERENCIAS.....</b>	<b>47</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>60</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla</b>		<b>Página</b>
1	Características generales de hombres y mujeres mayores de 60 años de Hermosillo, Sonora de acuerdo al desempeño físico .....	35
2	Asociación del IMLG con bajo desempeño físico, en hombres y mujeres mayores de 60 años.....	37
3	Asociación del IMG con bajo desempeño físico, en hombres y mujeres mayores de 60 años.....	37
4	Asociación del IMLG con bajo desempeño físico, en hombres y mujeres mayores de 60 años.....	40
5	Asociación del IMG con bajo desempeño físico, en hombres y mujeres mayores de 60 años.....	40

## RESUMEN

La discapacidad física (DF) es un problema de salud pública en la población de adultos de 60 años y más. Se ha reportado que la alteración en el desempeño físico es un buen indicador de DF. Existen varios factores asociados con la alteración en el desempeño físico y DF en este grupo etario, como la disminución de la masa libre de grasa (MLG) y el aumento en la masa grasa (MG), entre otros. Actualmente, no se tiene evidencia de que estas asociaciones se hayan probado ajustadas por la talla o índices. Solo un trabajo reportó una asociación entre la velocidad de la marcha y el índice de MLG (IMLG). Respecto a la MG como índice (IMG) no se tiene evidencias sobre la asociación con el desempeño físico y la DF. El objetivo del estudio fue evaluar la asociación de los índices de MLG y MG con el bajo desempeño físico en hombres y mujeres  $\geq 60$  años. Este es un estudio trasversal en el que participaron 217 adultos entre 60 y 92 años, sin DF y residentes de la ciudad de Hermosillo, Sonora. Para el cálculo de los índices, la MLG y MG se determinaron por absorciometría dual de rayos X. El desempeño físico se evaluó mediante la batería corta de desempeño físico (SPPB, por sus siglas en inglés). Se clasificó a los sujetos con bajo desempeño físico aquellos que tuvieron un puntaje  $\leq 6$  en la SPPB. Los resultados muestran que 1 de cada cinco sujetos evaluados presentaron bajo desempeño físico. El IMLG no mostró diferencia entre el grupo con bajo desempeño físico y el grupo con desempeño físico normal (16.5 vs 16.4 kg/m<sup>2</sup>; p=0.832), en cambio el IMG si fue diferente (12.3 vs 10.9 kg/m<sup>2</sup>, p=0.027). El análisis de regresión no mostró asociación entre el IMLG con el bajo desempeño físico. Por otro lado, el IMG se asoció con mayor riesgo de presentar bajo desempeño físico, esta significancia permaneció después de ajustar por edad, comorbilidad, polifarmacia e índice de masa muscular en las extremidades (RM: 1.18; p=0.005). Por lo tanto, es importante y reducir la grasa corporal y prevenir su aumento en el adulto mayor. Debido a que la MG ajustada por la talla se asoció con el bajo desempeño físico.

**Palabras claves:** Adultos mayores, bajo desempeño físico, discapacidad física, composición corporal.

## ABSTRACT

Physical disability (PD) is a public health problem in the Mexican older adult population. It has been reported that impairment of physical performance is one of the best predictors of PD. There are several risk factors for impaired physical performance and PD in older adult, such as decreased fat-free mass (FFM), and increased fat mass (FM), among other factors. There is scarce data showing that FFM and FM as an index are associated with both, impaired physical performance and PD. Recently, FFM index (FFMI) shown to be associated with gait speed. No evidence was found on the association between FM index (FMI) with both, impaired physical performance and PD. The aim of the our study was to evaluate the association between FFMI and FMI, and physical performance in older men and women subjects over 60 years old. This was a cross-sectional study that included subjects between 60 and 92 years of age. All volunteers were from Hermosillo, Sonora. The FFM and FM components were determined by dual X-ray absorptiometry and together with height measurements, the fat mass and fat free mass indexes were calculated. Physical performance was assessed by using the short physical performance battery (SPPB). A subject was considered to have low physical performance when the score of SPPB was  $\leq 6$ . The hypothesis was tested by multiple logistic regression analysis. Results showed that 19.35% of the 217 volunteers had low physical performance. There was not significant difference in the FFMI values between the normal and low physical performance group (16.5 vs 16.4 kg/m<sup>2</sup>; p=0.832) on the contrary, there were significant differences in FMI values between groups; the low physical performance group showed lower values of FMI compared to the normal group (10.9 vs 12.3 kg/m<sup>2</sup>; p=0.027). Regression analysis did not show a significant association between FFMI and low physical performance. On the other hand, FMI was strongly associated with low physical performance. For each unit of increased FMI, the risk of low physical performance increased. This result remained significant after adjustment for some covariates such age, comorbidity,

polypharmacy, and appendicular skeletal muscle index (OR: 1.18;  $p=0.005$ ). These results highlight the importance of preventing the gain of FM or avoiding overweight and obesity in elderly subjects. Also, the importance of adjusting for height the body composition compartments, particularly FM, when these kind of associations are trying to be associated with impaired physical performance and PD in the older adult population.

**Keywords:** Older adult, low physical performance, physical disability and body composition.

## I. INTRODUCCIÓN

La discapacidad física (DF) es un problema de salud pública en México, particularmente en la población de 60 años y más o adultos mayores. Manrique et al. (2013) basándose en los datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012 (ENSANUT), encontraron que el 26.9% de adultos mayores de 60 años, tenían dificultad para realizar las actividades básicas de la vida diaria (ABVD) y el 24.6% mostraron dificultades para realizar las actividades instrumentales de la vida diaria (AIVD). Estos datos nos muestran que cerca de la mitad de los adultos mayores en México tienen algún grado de DF, siendo mayor en las mujeres. Un adulto mayor con DF, tiene dificultades para realizar sus ABVD y AIVD, afectando con esto su calidad de vida. Además, la DF está asociada con la pérdida del equilibrio, mayor riesgo de caídas y de hospitalizaciones y en conjunto con la polifarmacia y los cuidados necesarios para un adulto mayor con DF, aumentan los costos en salud asociados con la pérdida de la calidad de vida.

Debido al panorama anterior es prioritario la detección y tratamiento oportuno para evitar la pérdida del equilibrio y caídas. Así mismo, la prevención es importante para evitar que las cifras de DF sigan en aumento en adultos mayores de nuestro país. Se ha reportado que la alteración del desempeño físico es un buen estimador de la DF. Por lo tanto, la evaluación del desempeño físico permite identificar de manera oportuna, práctica y económica a los adultos mayores que se encuentran en riesgo de padecer algún grado de DF (Artaud et al., 2015; Guralnik et al., 1995).

Por otra parte, diversos estudios han mostrado la asociación de varios factores con la DF en este grupo etario. Entre ellos, se encuentran la

polifarmacia, la pérdida del apetito, la desnutrición, el sobrepeso, la obesidad y los cambios en la composición corporal asociados a la edad (Landi et al., 2012; Murphy et al., 2014; Okabe et al., 2016). Con relación a los cambios de la composición corporal asociados a la edad, se ha reportado de manera independiente que la baja masa libre de grasa (MLG) y el aumento de la masa grasa (MG) están asociados con DF en el adulto mayor (Broadwin et al., 2001; Visser et al., 1998). Es importante mencionar que la MLG y MG utilizadas en los estudios se han explorado como variables continuas en kg y %. Recientemente, los diversos componentes de la composición corporal se han ajustado por la talla u otras variables antropométricas con el objetivo de remover el efecto de estas variables sobre estos componentes y hacer los datos más comparativos. Estos ajustes han dado origen a los índices y solo algunos de estos han sido asociados con DF. Dentro de los índices más conocidos y asociados directamente con la alteración en el desempeño físico y DF, es el índice de masa muscular, ya sea total o en las extremidades (Janssen et al., 2004; Visser et al., 2005).

Existen pocos estudios que exploren la asociación entre el índice de MLG (IMLG) con la pérdida de la funcionalidad, siendo este componente uno de los más fáciles de evaluar en la práctica clínica y en estudios epidemiológicos. Campbell y Vallis (2014) en 40 adultos hombres y mujeres mayores de 60 años evaluaron diferentes variables antropométricas y de desempeño físico, así como la fuerza muscular para un diagnóstico práctico de sarcopenia. En su modelo de predicción ingresó la fuerza muscular, la velocidad de la marcha y el IMC como variables predictoras del IMLG. Para fines de nuestro estudio, es importante la asociación entre el IMLG con la velocidad de la marcha, debido a que esta variable está fuertemente asociada con el desempeño físico.

Además, de la MLG, existe una asociación de la MG con DF como se mencionó anteriormente; sin embargo, no encontramos trabajos sobre esta asociación expresada en índice. Los índices basados en la MG se han propuesto recientemente para el diagnóstico y clasificación del sobrepeso y obesidad y el más utilizado desde hace varias décadas es el IMC como

marcador indirecto de composición corporal (Kelly et al., 2009). Con respecto al IMC como marcador de adiposidad, Wannamethee et al. (2004) demostraron que a medida que las categorías de IMC aumentaban, la proporción y el riesgo relativo para DF y bajo desempeño físico también se incrementaron de manera significativa. Estos datos junto con los resultados de otros estudios; particularmente, la asociación entre la MG como variable continua en kg y % con la DF, nos hacen hipotetizar que el IMG pudiera también estar asociado con el bajo desempeño físico. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo estimar la asociación entre los índices de MLG y MG con el bajo desempeño físico en adultos mayores sin DF y residentes de la ciudad de Hermosillo, Sonora.

## II. ANTECEDENTES

### II.1 Discapacidad Física en el Adulto Mayor

La DF es un serio problema de salud pública en México (Manrique et al., 2013) y en muchos otros países de América Latina y el Caribe (Menéndez et al., 2005); se ha definido como toda restricción o falta de capacidad para enfrentar una actividad dentro de los márgenes que se consideran normales. Una persona con DF es aquella con la pérdida de la funcionalidad normal, lo cual deteriora la calidad de vida y aumenta los costos asociados por los cuidados, los tratamientos médicos y la rehabilitación (OMS, 2011).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que las ABVD constituyen el indicador más importante para evaluar la DF en el adulto mayor. En nuestro país, la prevalencia de DF es alta, Manrique et al. (2013) con el objetivo de describir las condiciones de salud y estado funcional de los adultos mayores mexicanos  $\geq 60$  años, tanto de zonas rurales y urbanas. Reportaron que la hipertensión, diabetes tipo 2 e hipercolesterolemia eran los principales padecimientos en esta población. Además, se encontró depresión, deterioro cognitivo y demencia. En cuanto al estado funcional, el 26.9% de estos adultos mayores presentaron dificultad para realizar las ABVD (comer, vestirse y bañarse, entre otras) y el 24.6% tuvieron dificultad para realizar las AIVD (usar el teléfono, ir de compras y tomarse los medicamentos, entre otras). Así mismo, se observó un incremento de DF a medida que aumentaba la edad, principalmente en las mujeres.

Estos datos nos muestran que cerca de la mitad de los adultos mayores mexicanos tienen algún grado de DF. Hoy en día, se reconoce que la DF está asociada fuertemente con mayor morbilidad y mortalidad (Wei-Wu et al., 2016; Martínez-Gómez et al., 2016). Por ello, se hace necesario el diagnóstico y tratamiento oportuno, así como la prevención en este grupo etario. Debido a lo anterior es conveniente la evaluación temprana y la detección oportuna de la DF. Varios estudios han reportado que la evaluación del desempeño físico es un buen predictor de la DF. Por lo tanto, la valoración y la detección de las alteraciones en el desempeño físico permitirán identificar a tiempo a los adultos mayores que se encuentran en riesgo de padecer algún grado de DF (Artaud et al., 2015; Guralnik et al., 1995).

### **II.1.1 Desempeño Físico**

El desempeño físico se define como el conjunto de movimientos realizados por distintas regiones corporales que tienen como fin el desplazamiento parcial o total del organismo (Cruz et al., 2010; OMS, 2011). Para la evaluación del desempeño físico se han propuesto diversas pruebas estandarizadas y de bajo costo como la velocidad de la marcha, la prueba de levántate y anda y la batería corta de desempeño físico, entre otras (Cruz et al., 2010).

Con respecto a la asociación entre el desempeño físico y la DF, Artaud et al. (2015), en un estudio de cohorte con 3814 hombres y mujeres franceses de entre 65 y 85 años de edad, evaluaron el desempeño físico mediante la prueba de la velocidad de la marcha de 6 metros y la DF mediante las ABVD y las AIVD utilizando las escalas de Katz y Lawton y Brody, respectivamente. Estas evaluaciones se realizaron al inicio y al final del estudio. Durante el seguimiento (11 años) 628 participantes desarrollaron DF. Los resultados indicaron que los adultos mayores con una velocidad de la marcha 0.22 m/s basal tenían 1.77 veces más riesgo de padecer DF al paso de los 11 años. Con el objetivo de prevenir y tratar a tiempo la DF, los autores mencionan que es importante

evaluar la velocidad de la marcha en los adultos de edad avanzada para identificar aquellos que se encuentran en alto riesgo de discapacidad.

## II.2 Factores Asociados a la Discapacidad Física y Desempeño Físico

La DF en el adulto mayor es un problema de salud pública que recientemente emergió. Poco se conoce sobre su causalidad; sin embargo, se han reportado diversos factores de riesgo para la alteración en el desempeño físico y DF. La polifarmacia, falta del apetito o anorexia del envejecimiento, pérdida involuntaria del peso corporal, cambios en la composición corporal, desnutrición, riesgo de desnutrición, sobrepeso, obesidad, depresión, deterioro cognitivo, comorbilidad y la actividad física; contribuyen de manera importante al desarrollo de la DF (Stuck et al., 1999; Landi et al., 2012; Murphy et al., 2014; Okabe et al., 2016; Shimada et al., 2015; Sandoval et al., 2016; Di Bari et al., 2006; Shinkai et al., 2003; Den-Ouden et al., 2013, Santana et al., 1998).

Otra de las variables que se ha relacionado con desempeño físico y DF es la fuerza de prensión de mano, al relacionarse con la fuerza muscular de las piernas, por lo que un resultado anormal es un posible marcador clínico de limitaciones en la movilidad. Además, existe una relación lineal entre la fuerza de prensión y la aparición de discapacidad en relación con las ABVD (Cruz et al., 2010). Se ha reportado que los adultos mayores con ingresos económicos bajos tienen más riesgo de DF (Manrique et al., 2011). Así como también, se encontró que fumar o haber fumado y el consumo elevado de bebidas alcohólicas impacta negativamente a la salud y se asoció con mayor riesgo de DF en el adulto mayor (Petersen et al., 2007; Rom et al., 2012; Artaud et al., 2015; Vargas y Lang, 2008).

## **II.2.1 Contribución de las Alteraciones de la Composición Corporal con la Discapacidad y Desempeño Físico**

Alteraciones en la composición corporal, principalmente la pérdida masa muscular ha sido la más explorada en cuanto a su relación con DF y desempeño físico. Recientemente algunos investigadores han explorado si las alteraciones de la MLG y la MG se asocian con la DF en los adultos mayores.

Esta línea de investigación mencionada anteriormente es de interés para nosotros debido a que la MLG y MG son relativamente fáciles de obtener con los métodos de composición corporal basado en el modelo de 2 compartimientos, el cual considera que el peso corporal es la suma de la MLG y la MG. Con respecto a estos compartimientos, desde hace varios años se han investigado los cambios en la composición corporal asociados a la edad. Chumlea et al. (2002) analizaron los datos de la tercera encuesta nacional de nutrición y salud (NHANES III) con una población de 15, 912 adolescentes y adultos con edades entre 12 y 80 años. Los resultados de este análisis muestran que la MLG estimada por bioimpedancia eléctrica aumentó a partir de la edad de la adolescencia, disminuyendo ligeramente a partir de la sexta década de la vida.

Estudios de cohorte también han reportado un efecto de la edad sobre este compartimiento, Hugues et al. (2002) evaluaron la composición corporal por el método de hidrometría en 53 hombres y 78 mujeres de 46 a 80 años. Al paso de 9 años, se encontró una disminución de la MLG del 2% por década solo en los hombres. A la par del estudio, algunos investigadores exploraron la asociación entre la MLG con DF y el bajo desempeño físico (Broadwin et al., 2001).

Visser et al. (1998), en un estudio observacional de seguimiento de 3 años realizado en 2714 mujeres y 2095 hombres entre 65 y 100 años de edad. De acuerdo a las mediciones realizadas al inicio del estudio no se encontró una asociación significativa entre la MLG (kg) y discapacidad física en ambos sexos.

Posteriormente, a los 3 años de seguimiento y una vez excluidos los individuos que presentaron DF, el análisis mostró que el grupo de mujeres con bajos valores de MLG tuvieron menor riesgo de discapacidad física (RM: 0.57, IC 0.51-0.97) comparado con el grupo con mayor MLG. Con respecto a los hombres, estos siguieron sin mostrar riesgo; ajustado por edad, educación, depresión, enfermedades crónicas, edema, actividad física, pérdida de peso, tabaquismo, consumo de alcohol y sexo.

Por el contrario, Broadwin et al. (2001), evaluaron en un estudio de cohorte a 417 hombres y 634 mujeres mayores de 55 años. Encontraron que, al inicio del estudio, aquellos con un menor porcentaje de MLG tenían 2.8 y 3.0 (mujeres y hombres respectivamente) veces más riesgo de discapacidad funcional total. Después del seguimiento de 2 años y excluyendo a los individuos que tuvieron DF, las mujeres con bajo porcentaje de MLG tuvieron 4.4 veces el riesgo de discapacidad física total y 3.6 veces el riesgo de baja discapacidad física. En el caso de los hombres observaron nuevamente que en los que presentaron un bajo porcentaje de MLG, el riesgo de discapacidad física total ya no fue significativo, pero apareció el riesgo de baja discapacidad física (RM: 3.9,  $p=0.04$ ). Estas asociaciones fueron ajustadas por edad, tabaquismo, consumo de alcohol, actividad física, uso actual de estrógenos, depresión, enfermedad crónica y nivel educativo.

Es importante señalar dos cosas, la primera es que son pocos los estudios que exploran dicha asociación y la segunda es que sólo uno de ellos muestra que bajos valores de MLG están asociados con menor riesgo de tener bajo desempeño físico esta asociación se mostró en ambos sexos.

Al igual que la MLG, la edad tiene un efecto sobre la MG, observándose un aumento en este compartimento a medida que la edad avanza. Este componente es relativamente fácil de evaluar con diferentes métodos y bajo diferentes circunstancias clínicas y epidemiológicas.

Es importante mencionar que a la fecha son pocos los estudios sobre la asociación entre la adiposidad con la DF y desempeño físico en adultos mayores. Sin embargo, desde hace algunas décadas el índice de masa corporal

(IMC) se ha considerado como marcador de composición corporal, particularmente de MG y ha sido asociado con diferentes enfermedades crónicas, resistencia a la insulina y recientemente con DF. Wannamethee et al. (2004) en un estudio transversal con 4232 hombres de entre 60 a 79 años, analizaron la asociación entre IMC y DF. Los resultados mostraron que a medida que aumentaba el IMC (propuestos por la OMS, 1997), se incrementó la proporción y el riesgo de tener DF. En este estudio al explorar por los puntos de corte, los hombres con un IMC  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup> tuvieron 1.95 veces más riesgo de tener discapacidad motora (dificultad en subir escaleras, caídas, desequilibrio y dificultad para caminar), 1.93 veces más riesgo de tener problemas en las ABVD y 2.19 veces más riesgo de tener dificultades en vestirse y bañarse comparado con aquellos de IMC normal (18.5-24.9 kg/m<sup>2</sup>).

A continuación se revisarán algunos estudios sobre la asociación entre la adiposidad con la DF y desempeño físico; pero, primeramente se revisará el efecto de la edad sobre este componente. Desde hace varios años se han investigado los cambios en la composición corporal que ocurren con el envejecimiento, siendo la MG otro de los componentes que cambia de acuerdo al aumento de la edad. Chumlea et al. (2002) analizaron los datos de la tercera encuesta nacional de nutrición y salud (NHANES III). En este análisis se encontró un aumento de la MG conforme la edad avanza hasta la década de los 60, a partir de esta edad se observó ligeramente una disminución y esta disminución se acentuó después de los 70 años, independientemente del sexo y la etnicidad.

Estos resultados sobre los cambios en la composición corporal conforme la edad avanza, también han sido publicados por estudios de cohorte. Hugues et al. (2002) reportaron en un estudio con 223 hombres y mujeres entre 46 y 80 años de edad, un aumento de 7.5% de grasa corporal por década en ambos sexos. En otro estudio de cohorte realizado por Ding et al. (2007) con muestreo a nivel poblacional en Pittsburgh y Memphis en E.U.A (1786 participantes: 855 hombres y 931 mujeres), mostró que la MG aumentó durante todo el periodo de

seguimiento (5 años) tanto en hombres como en mujeres (de 70 a 84 años de edad), disminuyendo al final de la octava década de vida.

En cuanto a la asociación de la MG con la discapacidad física, Visser et al. (1998) realizaron un estudio en 2714 mujeres y 2095 hombres entre 65 y 100 años de edad. De acuerdo al análisis realizado al inicio del estudio, se encontró una asociación significativa entre la MG (kg) y la discapacidad física en ambos sexos, siendo de 2.9 veces más el riesgo en aquellos con mayor MG. Después del seguimiento de 3 años y a pesar de excluir a los sujetos que presentaron discapacidad física al inicio del estudio, se observó el mismo comportamiento. Es decir, que los sujetos con mayor MG tienen 2.2 veces más riesgo de discapacidad física, ajustado por edad, educación, depresión, enfermedades crónicas, edema, actividad física, pérdida de peso, tabaquismo, consumo de alcohol y sexo.

De igual manera, Broadwin et al. (2001), en un estudio de cohorte evaluaron a 417 hombres y 634 mujeres mayores de 55 años, encontraron que al inicio del estudio los hombres y mujeres que presentaban mayor porcentaje de grasa tenían 3.2 y 3.4 veces más riesgo de discapacidad funcional total, respectivamente. Después del seguimiento de 2 años, en el análisis de regresión y excluyendo a los sujetos que habían presentado discapacidad física al inicio del estudio se encontró que mujeres con un mayor porcentaje de grasa tuvieron 3.8 veces más riesgo de discapacidad física total, y además tuvieron 3.9 veces más riesgo de baja discapacidad física comparado con aquellas con menor porcentaje de grasa. Sin embargo, los hombres con un alto porcentaje de grasa presentaron 4.0 veces más riesgo de baja discapacidad física y no tuvieron riesgo de discapacidad física total. Estas asociaciones fueron ajustadas por edad, tabaquismo, consumo de alcohol, actividad física, uso actual de estrógenos, la depresión, enfermedad crónica y el nivel educativo.

Por otro lado, Vilaca et al. (2013) compararon la composición corporal, la fuerza muscular y movilidad con la distancia recorrida en la prueba de la caminata de 6 minutos. Participaron 77 mujeres entre 65 a 80 años de edad, residentes de la Ciudad de Ribeirão Preto, Brasil. La muestra se dividió en

tertiles de acuerdo a la distancia recorrida en la prueba de la caminata de 6 minutos. La composición corporal se evaluó por medio de absorciometría dual de rayos X (DXA), la fuerza muscular por medio de dinamometría y la movilidad por medio de dos pruebas, el balance y la prueba de levántate y anda (TUG), que pertenecen a las pruebas de desempeño físico. Los resultados mostraron que las mujeres que caminaron una menor distancia de acuerdo a la prueba de la caminata de 6 minutos tuvieron un IMC y porcentaje de grasa elevado, baja fuerza y baja movilidad comparado con las mujeres del grupo que caminaron más.

Recientes evidencias sobre la asociación entre la composición corporal particularmente el exceso de grasa corporal con la pérdida de la funcionalidad muestran una fuerte asociación entre la MLG y MG en muestras representativas. Por ejemplo, en el estudio de la NHANES III con 4484 participantes mayores de 60 años, se encontró que las mujeres que tenían un IMC normal, pero con un porcentaje de grasa elevado, presentaban mayor riesgo de desarrollar DF comparado con las que tenían un IMC y un porcentaje de grasa normal. Este estudio nos reafirma la importancia de centrar la atención en la composición corporal particularmente la grasa corporal ya que está estrechamente relacionada con los riesgos para el desarrollo de diversas enfermedades y la pérdida de la funcionalidad (Batsis et al., 2014).

Es importante aclarar que cuando se habla de la adiposidad, además del sexo, el estilo de vida y los factores genéticos; la etnicidad juega un papel importante en el porcentaje de grasa. En el estudio de Health ABC evaluaron a 2982 hombres y mujeres de 70 a 79 años. En este estudio se midió la circunferencia de cintura y el porcentaje de grasa con DXA. Se observó que los hombres y mujeres con un elevado porcentaje de grasa presentaron 1.68 veces más el riesgo de alteraciones en el desempeño físico comparado con aquellos que tuvieron un porcentaje de grasa normal. Además, se observó que el riesgo fue mayor en los afroamericanos, por lo tanto, la etnicidad y el porcentaje de grasa elevado, son factores de riesgo que contribuyen en las alteraciones en el desempeño físico (Koster et al., 2008). Este hallazgo es de particular

importancia, ya que se reconoce que los adultos mayores de Hermosillo, México, tienen mayor cantidad de grasa corporal total y truncal comparado con los afroamericanos y blancos residentes de Nueva York, Estados Unidos (Alemán et al., 2009). Es por ello, que resulta interesante explorar esta hipótesis con adultos mayores de otras etnias y con contenido elevado de grasa corporal como la mexicana.

Otro aspecto importante de abordar cuando se habla de adiposidad, es la distribución de la MG. Se reconoce que la distribución influye de manera determinante con las alteraciones funcionales. En un estudio con 416 mujeres y 153 hombres con edades entre 90 y 91 años, se observó que las mujeres con una circunferencia de cintura mayor a 88 cm, presentaron un bajo desempeño físico y dificultad para realizar las actividades básicas de la vida diaria. Por lo tanto, una circunferencia de cintura mayor a 88 cm puede ser marcador de la DF en mujeres de 90 y 91 años de edad (Lisko et al., 2014).

Por otro lado, el exceso de grasa visceral e intramuscular, también han sido asociados con bajo desempeño físico y alteración en la movilidad. En un estudio prospectivo a nivel poblacional de Murphy et al. (2014) con 459 hombres y 1552 mujeres con edades de 70 a 79 años. Se evaluó el tejido adiposo visceral, subcutáneo e intramuscular por la tomografía computarizada y la movilidad por medio de la prueba de caminata de un cuarto de milla y la capacidad para subir escaleras y el desempeño físico con la prueba de la velocidad de la marcha de 6 m. Los resultados mostraron que las mujeres con mayor tejido adiposo subcutáneo en el área del muslo tenían alteraciones en la movilidad, y aquellas con mayor tejido adiposo visceral también presentaron alteraciones en la movilidad y bajo desempeño físico, comparado con aquellas con tejido adiposo normal. En los hombres el tejido adiposo intramuscular en el área del muslo se asoció con una limitación en la movilidad. La cantidad de tejido adiposo en depósitos abdominales y en los muslos, también contribuyen al riesgo de desarrollar DF.

## **II.2.2 Asociación de los Diferentes Índices de Componentes de la Composición Corporal y Desempeño Físico**

Como se mostró en la sección anterior, la MLG y la MG en kg o %, han sido asociadas con la DF. La utilización de estas variables en kg o % limita hacer comparaciones entre individuo o poblaciones con diferentes tallas o pesos. Debido a que estos compartimentos dependen de la edad, talla, etnicidad, sexo y peso. Con el objetivo de remover el efecto de estas variables, algunos investigadores han propuesto ajustar principalmente por la talla, el peso o el IMC, dando lugar a los diferentes índices y así poder realizar comparaciones entre individuos o poblaciones con diferentes pesos y tallas (Gallagher et al., 1997; Alemán et al., 2009; Kelly et al., 2009; Kyle et al., 2003).

La talla es una de las principales determinantes de la MLG, MG y particularmente de la masa muscular (Baumgartner et al., 1998). De tal manera que al ajustar por la talla se crea un índice logrando quitar el efecto de la talla sobre este componente facilitando realizar comparaciones con individuos o poblaciones con diferentes tallas, eliminando la suposición de que una persona alta tendrá más MLG o MG que una persona de talla baja. Uno de los índices más explorado, utilizado y asociado directamente con DF y bajo desempeño físico es el índice de muscular en las extremidades (IMME), el cual es la relación de la masa muscular en las extremidades (MME) ajustado por la talla al cuadrado (Baumgartner et al., 1998; Barbat et al 2013; Kruger et al., 2015; Janssen et al., 2002).

De acuerdo a nuestra búsqueda no existen estudios que asocien al índice de MLG ( $IMLG = \frac{MLG}{Talla^2}$ ) con DF. En el campo de la nutrición este IMLG se ha asociado con mayor estancia hospitalaria. Kyle et al. (2003) encontraron una asociación significativa entre bajos IMLG y altos IMG con mayor estancia hospitalaria. Con respecto a algunas pruebas de desempeño físico y su asociación con IMLG, solo se encontró el estudio de Campbell y Vallis (2014) realizado en 40 adultos mayores, de ambos sexos y de diferentes asilos de la ciudad de Guelph, Canadá. Evaluaron diferentes variables

antropométricas y de desempeños físico, así como la fuerza muscular para predecir el IMLG. Se determinó un bajo IMLG definido con -2 DE del valor promedio del IMLG. En su modelo de predicción incluyeron la fuerza, la velocidad de la marcha y al IMC como variables predictoras. Para fines de nuestro estudio, la asociación entre el IMLG con la fuerza y la velocidad de la marcha en el modelo predictivo de estos autores es importante, debido a que estas variables están fuertemente asociadas a la DF, y el hecho de que se hallan asociado con el IMLG nos hace suponer que este índice estará directamente relacionado con el bajo desempeño físico.

Evaluar la MLG es práctico, ya que puede realizarse mediante métodos de composición corporal de campo como la bioimpedancia eléctrica, la hidrometría y la plicometría, basados principalmente en el modelo de 2 compartimientos. Estos métodos pueden ser más aplicables en la práctica clínica debido a su costo, disponibilidad y fácil manejo. Así mismo, son pocos los estudios en donde se explore si el IMLG está asociado con los diferentes marcadores de funcionalidad. Debido a la alta prevalencia de DF en la población mexicana y a nivel mundial, la ausencia de marcadores para un diagnóstico temprano, así como la asociación de la MLG como variable continua con la DF, es relevante evaluar la asociación entre el IMLG y el desempeño físico, con la meta de brindar un tratamiento oportuno para prevenir la DF en hombres y mujeres mayores de 60 años.

Por otro lado, además de explorar el IMLG, es importante explorar el IMG. Como se mostró anteriormente, la obesidad, sobrepeso, valores altos de masa grasa, expresada en porcentaje y en kg; han sido asociados directamente con la pérdida de funcionalidad, bajo desempeño físico y DF (Broadwin et al., 2001; Vissier et al., 1998). En términos prácticos, en México a la par de una elevada prevalencia de sobrepeso y obesidad (ENSANUT. 2012), también la prevalencia de DF es muy alta en este grupo etario (Manrique et al., 2013). Por ello, la relevancia de este estudio en el contexto de México u otros países con problemáticas similares.

Los estudios que han mostrado una asociación significativa entre la MG y MLG, no han tomado en cuenta la talla y como se mencionó anteriormente la MG, también depende de esta. Con respecto a la normalización de la MG por la talla, Kelly et al. (2009) con datos de la NHANES III propusieron puntos de corte basados en el IMG ( $IMG=MG/Talla^2$ ) para la clasificación y diagnóstico de masa grasa normal, déficit, exceso y obesidad. En este estudio, se señaló la importancia de utilizar el IMG en lugar del IMC, debido a que el IMG toma en cuenta el sexo, la etnicidad y principalmente la cantidad de grasa corporal para el diagnóstico de obesidad.

A pesar de las limitantes del IMC, éste sigue siendo muy utilizado en adultos y adultos mayores por su fácil evaluación y además, ha sido asociado con DF y bajo desempeño físico (Wannamethee et al., 2004). En cuando al IMG no se ha explorado en este contexto, dada la asociación entre la MG y la DF, es de relevancia explorar si el IMG también se asocia con bajo desempeño físico.

### III. HIPÓTESIS

Valores bajos del IMLG ( $\text{kg/m}^2$ ) se asocian con mayor riesgo de presentar bajo desempeño físico comparado con valores altos del IMLG.

Valores altos del IMG ( $\text{kg/m}^2$ ) se asocian con mayor riesgo de presentar bajo desempeño físico comparado con valores bajos del IMG.

## **IV. OBJETIVOS**

### **IV.1 General**

Estimar la asociación entre el IMLG y el IMG con el bajo desempeño físico en una población de hombres y mujeres mayores de 60 años de la ciudad de Hermosillo, Sonora.

### **IV.2 Específicos**

1. Determinar la MLG y la MG por hidrometría y por absorciometría dual de rayos X en hombres y mujeres mayores de 60 años de la ciudad de Hermosillo, Sonora.
2. Aplicar la batería corta de desempeño físico (SPPB).
3. Definir bajo desempeño físico mediante la valoración del desempeño físico.

## **V. SUJETOS Y MÉTODOS**

### V.1 Diseño de Estudio

El presente estudio fue aprobado por el Comité de Ética del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C (CIAD) y es de tipo transversal, no aleatorizado con un muestreo no probabilístico. El protocolo requirió que cada participante asistiera al Laboratorio de Composición Corporal y Funcionalidad, de la Coordinación de Nutrición del CIAD, para realizar todas las mediciones del estudio. Asistieron tanto hombres como mujeres, mayores de 60 años. Los voluntarios atendieron la cita en condiciones de ayuno, mínimo de 8 horas para el estudio de composición corporal. A cada uno de los participantes se les explicó el protocolo del estudio y una vez que ellos estuvieron de acuerdo con los procedimientos, firmaron el formato de consentimiento (anexo 1). Durante su visita, se aplicaron diversos cuestionarios para evaluar las características demográficas, condiciones sociales y económicas, presencia de comorbilidades o enfermedades y el consumo de medicamentos. Además, se realizaron las mediciones de composición corporal, antropométricas, pruebas de desempeño físico y de fuerza muscular. También se evaluó la comorbilidad y el estado cognitivo.

### V.2 Sujetos

Este estudio incluyó a 217 adultos de 60 años y más que cumplieron con los criterios de inclusión residentes de la ciudad de Hermosillo, Sonora.

Los adultos mayores incluidos en este estudio provienen de diferentes partes de la ciudad de Hermosillo. Estos sujetos se enteraron del estudio a través de anuncios en medios de comunicación y también por invitación personal vía telefónica, principalmente aquellos que ya había participado en otros estudios similares al presente y de quienes contábamos con sus datos como el número telefónico. También se invitaron a los adultos mayores de las estancias de día para abuelos de DIF, Hermosillo, Sonora y de algunos centros de reuniones para pensionados y jubilados. Durante esta primera visita o llamada telefónica se les explicó el proyecto, alcances y limitaciones. Al mismo tiempo, se les hizo la invitación. Aquellos que decidieron participar y atender la cita, se le pidió que nos ayudaran a difundir la experiencia de haber participado en este estudio a sus familiares, conocidos o vecinos mayores de 60 años con la idea de que también participaran en este estudio.

Al mismo tiempo que se realizaba la invitación, también se le realizaban diferentes preguntas sobre sus enfermedades y su control, así como el consumo de medicamentos con el objetivo de hacer una preselección. Basados en sus respuestas y aquellos que refirieron tener diagnóstico y descontrol de alguna de sus enfermedades, principalmente diabetes, diagnóstico de cáncer, insuficiencia renal, algún accidente cerebrovascular ya no fueron invitados al CIAD para participar en éste estudio. Aquellos que nos refirieron tener buen control de sus enfermedades y sin ningún diagnóstico de cáncer acudieron al CIAD para realizar todas las mediciones requeridas en éste estudio.

### **V.2.1 Criterios de Inclusión**

Basados en la historia clínica y los diversos cuestionarios se incluyeron hombres y mujeres mayores de 60 años que contaban con una residencia de 5 años o más en la ciudad de Hermosillo, Sonora, con enfermedades crónicas controladas y estables por auto conocimiento o por la prescripción de medicamentos referidos durante las entrevistas y pruebas de laboratorio presentadas por el voluntario o realizadas durante la visita (glucosa capilar en ayuno y la toma de presión arterial) al CIAD. Otro criterio de inclusión fue que pudieran entender y seguir las instrucciones para la realizar las pruebas de desempeño físico y que cupieran dentro de las dimensiones de las medidas de la cama del DXA. Aquellos sujetos que salían de las dimensiones a lo ancho de la cama del DXA no se excluyeron, se consideró la mitad del cuerpo escaneado y se duplicó la parte bien medida para obtener su composición corporal (dos voluntarios). Los sujetos incluidos en este estudio no presentaron algún grado de DF de acuerdo con los resultados de las escalas de las ABVD y las AIVD.

### **V.2.2 Criterios de Exclusión**

No se incluyeron voluntarios que por auto reporte refirieron tener cáncer y accidentes vasculares cerebrales, insuficiencia cardíaca, insuficiencia renal y diabetes tipo 2 descompensada (exámenes de laboratorio).

## V.3 Mediciones

### V.3.1 Antropometría

El peso corporal se midió con el sujeto de pie, sin zapatos y con una bata desechable en una balanza digital (HV-200KGL, Korea) capacidad de 220 kg. La medición de la talla de pie se realizó con el estadiómetro (20-205 cm  $\pm$  5 mm; SECA Hamburgo, Alemania). La medición se realizó sin objetos en la cabeza que dificultaran la medición. Se colocó al sujeto de pie en posición de firmes en el estadiómetro portátil de pared, se vigiló que la cabeza cumpliera con el plano de Frankfort, talones unidos y pegados al estadiómetro y puntas de los pies ligeramente separadas. Con los datos del peso en kg y la talla, se calculó el IMC ( $\text{kg/m}^2$ ) dividiendo el peso entre la talla en metros al cuadrado.

Así mismo, se realizaron las mediciones de la circunferencia de cintura y de cadera, utilizando para ello, una cinta métrica de fibra de vidrio (marca Mabis 0 a 150 cm). La primera se realizó con el sujeto de pie y piernas juntas, localizando el hueso de la última costilla y el hueso de la cresta ilíaca y se tomó el punto medio de estas dos referencias posicionando la cinta métrica en este punto medio alrededor del abdomen directamente sobre la piel para realizar la medición. La circunferencia de la cadera se tomó midiendo la parte más prominente de los glúteos con el sujeto de pie y con las piernas juntas. Todas las mediciones se realizaron siguiendo las recomendaciones de la Organización mundial de la salud (OMS, 1997).

### V.3.2 Composición Corporal

Hidrometría o agua corporal total. En este estudio la MLG y MG se evaluaron en una sub muestra (n=114) por un método basado en el modelo de 2 compartimientos en donde el peso corporal es la suma de la MG y la MLG. Para

medir la MLG se utilizó la hidrometría o medición del agua corporal total (ACT). Este método tiene una precisión y exactitud de (1% a 2%) (Schoeller et al., 1996) para estimar la composición corporal.

El ACT se determinó mediante principio de dilución, utilizando para ello el isótopo estable de deuterio. El deuterio tiene la misma distribución y recambio que el hidrógeno de la molécula de agua no marcada, por lo tanto, se supone que al medir este isótopo estable o marcador, se tiene una medición confiable del ACT. El procedimiento para determinar el ACT implica la dosificación con deuterio y su cuantificación de su concentración en muestras posterior a su equilibrio o al paso de 3 horas y la medición de la abundancia natural antes de la dosificación. Para la dosificación se siguió las recomendaciones del Manual de la OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2013).

Antes de la dosificación con deuterio, se le pidió al sujeto en condiciones de ayuno (8 horas) que pasara al baño para que orinara y de esta manera vaciar su vejiga. Posteriormente, el sujeto introdujo una torunda de algodón en su boca para recolectar la muestra de saliva basal, después de ello, se le dio a beber una dosis pesada de deuterio de 30 g. Se realizó un enjuague con 50 ml de agua purificada y se le pidió al voluntario que bebiera nuevamente en su totalidad, este procedimiento se repitió dos veces. Al transcurrir 3 horas después de haber consumido la dosis de deuterio se volvió a recolectar saliva por medio de la torunda de algodón. En la espera de estas 3 horas, se cuidó que el voluntario no consumiera agua ni fuera al baño. En caso de ser necesario y se viera en la necesidad de orinar, se le pidió al voluntario que recolectará toda su orina en un recipiente y posteriormente se midieron los mililitros de la orina para después sumárselo al resultado del ACT (OIEA, 2013). Las muestras de saliva (basal y enriquecimiento) se conservaron en refrigeración para su posterior análisis.

La cuantificación del deuterio en ambas muestras de saliva (basales y enriquecidas con deuterio) se realizó por medio de la técnica de Espectrofotometría por Transformada de Fourier (FTIR, por sus siglas en inglés), utilizando el modelo Shimadzu FTIR-8400S (FTIR, Japón) y siguiendo

las recomendaciones del manual del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA, 2013). Previo a la medición, la muestra de saliva se centrifugó a 3000 rpm's durante 10 minutos a 4°C, con el propósito de separar todos los sólidos en la saliva y obtener una muestra líquida para el análisis. La muestra centrifugada se colocó en una celda sellada de CaF<sub>2</sub> de 0.1 mm de espesor (Specac Transmisión Cell, GS01800) para después colocarla en el FTIR y llevar a cabo la lectura de la muestra.

El principio del FTIR para la cuantificación del deuterio se basa en la absorbancia (intensidad y transmisión de la luz, emitida por los rayos infrarrojos que incide sobre la muestra de saliva) del deuterio en el espectro electromagnético en la región del infrarrojo. La absorbancia se debe a las vibraciones moleculares y a la energía de vibración, la cual depende de la masa de los átomos que forman el enlace O-H. El equipo de FTIR presenta diversas ventajas frente a los sistemas de infrarrojo simple, ya que su componente fundamental, el interferómetro de Michelson, permite obtener una mayor sensibilidad y velocidad en la medición. En estos equipos, la fuente de infrarrojo emite el rayo, el cual luego se separa por el divisor de haz y se dirige tanto a un espejo fijo como a uno móvil. Posteriormente, ambas ondas se unen de nuevo en el divisor, lo que genera una interferencia entre ambas y la señal que recibe el detector en el interferómetro de Michelson corresponde a la transformada de Fourier de la distribución espectral de la fuente infrarroja en estudio (muestra), la cual recibe el nombre de interferograma (Lopes y Martínez, 2001).

En el FTIR la absorción del deuterio se localiza a 2504 cm<sup>-1</sup>. Este espectro de absorción se exporta a un software especializado (Cambridge University, Isotope) el cual lo interpreta en términos de concentración (ppm, es decir, mg/kg).

La cuantificación del ACT se obtuvo a partir de las concentraciones de deuterio expresadas en ppm, esta medida se incorpora a un software junto con el peso de la dosis de deuterio que ingirió el voluntario y aplicando el principio de dilución se obtiene el ACT. El ACT se corrigió por el factor de intercambio isotópico para el deuterio secuestrado en componentes no acuosos, el cual se

ha estimado en 4% (Schoeller et al., 1996). Una vez corregida el ACT el programa consideró el coeficiente de hidratación de la MLG (73.2%), para obtener la MLG, y la MG se obtuvo por diferencia del peso corporal y MLG (Albala et al., 1994). Estas variables de la MLG y la MG junto con la talla fueron consideradas para definir las variables de exposición, que más adelante se definirán.

Absorciometría dual de rayos X. La MLG y MG también se obtuvieron por DXA (Hologic. DQR 4500. Waltham, MA). El DXA utiliza una fuente de rayos X de potencial constante y un filtro K-edge y mide la atenuación de dos diferentes haces de energía de rayos X al paso por cuerpo del voluntario (Kelly et al., 1988). Los rayos X son de 70 y 140 keV de potencial constante, emitiendo una radiación relativamente baja de alrededor de 1.5 mrem (exposición equivalente al 1% y 10% de una radiografía de tórax). La atenuación de los rayos X a medida que pasan por el cuerpo se calcula en el software y en conjunto con las constante de atenuación obtenidas a partir de la relación de dos diferentes rayos X (40 y 70 keV). De acuerdo los diferentes componentes corporales como el calcio, agua, proteína, grasa y mineral óseo, de esta manera se estima la composición corporal y diferenciado los tejidos blandos de los tejidos duros, además del poder brindar una análisis regional de la composición corporal (Pietrobelli et al., 1996; Loham, 1996).

Los sujetos se midieron portando una bata especial y sin portar objetos metálicos (reloj, cinturón, aretes, etc.). Para proceder a la medición se colocó a la persona en posición decúbito dorsal sobre la plataforma de exploración del DXA, realizando una serie de exploraciones transversales desde la cabeza hasta la punta de los pies del sujeto a intervalos de 0.6 a 1 cm. Se le pidió al sujeto que evitara cualquier movimiento hasta el final de la prueba. En promedio, la duración de la medición es de aproximadamente 6 minutos. Previo a cada medición, el aparato se calibró durante 2 a 7 minutos con un bloque de calibración estándar (fantomas de columna) siguiendo las instrucciones del fabricante.

Reconocemos que el DXA debido al sistema y el principio que utiliza, es un método que determina la composición corporal basada en el modelo de 3 compartimentos (MG, MLG, contenido mineral óseo). Sin embargo, para este estudio, esta metodología se utilizó para obtener la MLG y la MG, basándonos en el modelo de 2 compartimentos, como ya se mencionó, este modelo divide al peso corporal en MG y MLG. La MLG por DXA representa la suma del tejido magro total más el contenido mineral óseo, en kg. Varios estudios han validado el % de grasa por DXA contra el % grasa obtenido por métodos basados en el modelo de 2 compartimentos, pero son pocos los que incluyen a adultos mayores.

Snead et al. (1993) compararon el porcentaje de grasa obtenido el método de hidrometría contra el porcentaje de grasa obtenido por DXA, con 113 mujeres y 72 hombres en rangos de edad de 21-81 años. No encontraron diferencias en el porcentaje de grasa de los adultos jóvenes (21-39) entre ambos métodos. Sin embargo, en los adultos mayores de 60 años, encontraron una subestimación del porcentaje de grasa obtenido por DXA comparado con el % de grasa obtenido del método de hidrometría. Del mismo modo, Wellens et al. (1994) compararon los porcentajes de grasa y la MLG obtenidos por DXA y el pesado bajo el agua, con 78 mujeres y 50 hombres en edades de 18-67 años. También, encontraron diferencias entre el porcentaje de grasa obtenido por DXA con el porcentaje de grasa obtenido por el pesado bajo el agua. Los autores exponen que estas diferencias fueron debido a la variación de la densidad de la MLG que utiliza el software del DXA afectando a la estimación del porcentaje de grasa. A pesar de que existen diferencias en el porcentaje de grasa obtenido con DXA comparado con el modelo de 2 compartimentos, el DXA es una metodología bastante utilizada para medir composición corporal en todos los grupos etarios.

Hoy en día, el modelo molecular de 4 compartimentos se considera el estándar de oro para la evaluación de la composición corporal en todos los grupos etarios. Son pocos los estudios donde se ha validado el DXA con el modelo molecular de 4 compartimentos en sujetos mayores de 60 años. En

estos estudios no se han encontrado diferencias significativas en el porcentaje de grasa obtenido por DXA comparado con el modelo de 4 compartimentos a nivel grupal (Goran et al., 1998; Clasey et al., 1999; Van Der Ploeg et al., 2003). En cuanto a la MG expresada en kg, un estudio realizado por el equipo de trabajo, tampoco se han encontrado diferencias significativas a nivel grupal entre la MG en kg con el modelo de 4 compartimentos (Huerta-Huerta 2004).

El DXA no solo es un método que determina la grasa corporal, también, es un método válido para medir la masa muscular en las extremidades en los adultos mayores (Heymsfield et al., 1990). En el presente estudio la masa muscular en las extremidades se determinó de acuerdo al procedimiento reportado por Alemán et al. (2014).

Como se mencionó al inicio de esta sección la composición corporal solo se realizó en una muestra de 114 sujetos por la hidrometría y básicamente por dos razones. Primero este número de muestra fue calculada para un análisis posterior dentro de otro proyecto más grande con la colaboración de 12 países de América Latina y el Caribe. Segundo, este proyecto no contó con recursos para la compra de más deuterio e insumos para su análisis. Con el objetivo de explorar nuestra hipótesis en un número de muestra más grande, se incluyeron 103 sujetos más, de un estudio previo que contempló las mismas metodologías y criterio de inclusión y exclusión. Y respecto a la variable de exposición, en esta muestra agregada también la composición corporal se había evaluado por DXA, utilizando el mismo equipo y software. Es por ello, que las variables de exposición definidas a partir de la MLG y MG por DXA divididas entre la talla<sup>2</sup> o índices (IMLG e IMG) se presentan en la muestra total de 217 hombres y mujeres de 60 años.

Es importante mencionar que tanto el IMG y el IMLG determinada por hidrometría y DXA se usaron en la regresión logística múltiple para probar las hipótesis principales, utilizando el número de voluntarios que ingresaron a cada uno de los protocolos para medir el ACT y DXA. Todo ello, obedece a la posibilidad de aplicar o contar con un método de campo (hidrometría) o de laboratorio (DXA) válida para este tipo de estudios.

### **V.3.3 Evaluación del Desempeño Físico**

Para la evaluación del desempeño físico o rendimiento físico existen varias pruebas estandarizadas y de bajo costo. Una de ellas y la más utilizada es la SPPB. Esta evalúa el equilibrio, la marcha, la fuerza y la resistencia, mediante una serie de pruebas de fácil aplicación y cumplimiento por parte de los voluntarios. Se ha reportado una asociación de la SPPB con diversas condiciones de salud como la diabetes, inflamación, infartos, caídas, fracturas, mortalidad, pérdida de la movilidad y en general con la pérdida de la funcionalidad o discapacidad física (Working Group on Functional Outcome Measures for Clinical Trials, 2008). Por ello, en este estudio se utilizó la SPPB para evaluar al desempeño físico.

La SPPB consistió en evaluar si la persona podía mantenerse de pie en tres diferentes posturas (pies juntos, semitándem y tándem) durante 10 segundos en cada postura sin apoyo, la prueba no se repitió cuando el voluntario no pudo permanecer los 10 segundos en la postura sin apoyo. También se tomó el tiempo que la persona tardó en recorrer una distancia de 4 metros y lo que tardó en levantarse de una silla y volver a sentarse 5 veces seguidas, sin utilizar ningún tipo de apoyo. Dependiendo del resultado de cada una de las pruebas se les asignó un puntaje ya establecido (Cruz et al., 2010) y se suman todos los puntos de las tres pruebas, este puntaje va de 0 puntos a 11 puntos como máximo. Se clasificó al adulto mayor con bajo desempeño físico cuando el puntaje fue  $\leq 6$  puntos (Cruz et al., 2010).

### **V.4 Definición de la Variable de Respuesta: Bajo Desempeño Físico o Riesgo de Discapacidad Física**

Como se mencionó en los antecedentes, la DF es un problema de salud pública en la población geriátrica, por ello, es necesario que sea detectada a tiempo.

Una forma oportuna de detectar la DF es mediante las pruebas de desempeño físico. En este estudio se definió bajo desempeño físico cuando el puntaje fue  $\leq 6$  en la SPPB (Cruz et al., 2010).

#### V.5 Definición de las Variables de Exposición: IMLG e IMG

Como se mencionó en la sección anterior, en este estudio se evaluó la composición corporal para obtener la MLG y MG, para ello se utilizaron dos métodos, la hidrometría y el DXA. Para definir la variable de exposición e independientemente del método, la MLG y MG se dividieron entre la talla elevada al cuadrado, de esta manera obteniendo los dos índices ( $IMLG = MLG/talla^2$  y el  $IMG = MG/talla^2$ ). Además de evaluar el desempeño físico y la composición corporal como variable respuesta y variables de exposición, también se evaluaron otras variables (covariables) que pudiesen modificar la asociación buscada en este estudio.

#### V.6 Evaluación de las Covariables o Variables Confusoras

Actividad Física. El nivel de actividad física (NAF) se calculó a partir de la relación entre el gasto energético total y la tasa metabólica en reposo. Para este estudio, el gasto energético en reposo y total se calculó mediante las ecuaciones reportadas por Alemán et al. (2006). El NAF se tomó como variable de ajuste ya que se ha reportado que bajos niveles de actividad física es un factor de riesgo para DF (Ouden et al., 2013). El NAF se incluyó al análisis como variable continua.

Fuerza muscular. La fuerza muscular se evaluó con la fuerza de prensión (kg) de los miembros superiores. La fuerza de prensión se midió con el dinamómetro (Takei Scientific Instruments Co., LTD Niigata, Japón). A cada sujeto se le pidió que se sentara con su espalda recta y que colocara su brazo sobre la mesa que estaba ubicada enfrente de él, con el codo flexionado a 90°, el antebrazo y la muñeca en posición neutra cuidando que el antebrazo estuviera ligeramente inclinado (aproximadamente 30°) de flexión dorsal. Se le pidió al sujeto que tomara y presionara por cinco segundos con toda su fuerza el manubrio o agarradera del dinamómetro. La medición se realizó tres veces en cada brazo de forma intercalada, dejando un minuto de descanso entre cada intento. Se consideró el resultado más alto de la fuerza de las 6 mediciones (Guía de práctica clínica de desempeño físico en adultos mayores). Tomándose la fuerza como variable continua para el análisis.

Índice de masa muscular en las extremidades. El IMME se calculó dividiendo la suma de la masa muscular de los brazos y piernas obtenidas del DXA en kg y se dividió entre la talla al cuadrado. Esta variable se tomó como continua para el ajuste en el análisis de regresión.

Comorbilidad. Para evaluar esta variable se utilizó la escala de Charlson, la cual consta de 19 condiciones médicas catalogadas en cuatro grupos de acuerdo con el puntaje asignado a cada enfermedad. En general, se consideró ausencia de comorbilidad: 0-1 puntos, comorbilidad baja: 2 puntos y alta > 3 puntos. Para corroborar la información se les pidió a los sujetos que llevarán sus análisis clínicos y/o los medicamentos que actualmente consumían al momento de la valoración (Charlson et al., 1987).

Edad. La edad de los sujetos se incluyó como variable continua expresada en años cumplidos, la cual se determinó al preguntar la fecha de nacimiento.

Sexo. Se tomó en cuenta como variable de ajuste y se codificó de manera dicotómica 0: mujer y 1: hombre.

Nivel socio económico. Se obtuvo a partir del ingreso al mes, para obtener esta información se le preguntó al voluntario cuál era su ingreso personal al mes o en dado caso de no recibir ningún ingreso y vivía con un familiar, se tomó en cuenta el ingreso familiar por mes. También se tomó en cuenta si el voluntario recibió alguna pensión o ayuda del gobierno. Para la categorización del nivel socioeconómico se llevó a cabo una distribución percentilar del ingreso familiar al mes, obtenido por autoreporte, estratificando de acuerdo al percentil 25, 50, 75 (Huasteca et al., 2003). De tal manera que un nivel socioeconómico bajo fue <7000, nivel medio  $\geq 7000$  y <15 000 y nivel alto >15 000. Para el análisis se codificó 1: nivel bajo, 2: nivel medio y 3: nivel alto.

Tabaquismo. Se definió mediante la pregunta ¿ha fumado más de 100 cigarros en la vida? (ENSANUT, 2012). Se codificó como variable categórica 0: no fumó 100 cigarros, 1: si fumó 100cigarros.

Ingestión de alcohol. En este estudio el consumo de alcohol se obtuvo en base a las primeras 2 preguntas del cuestionario AUDIT desarrollado por la OMS. Las preguntas se basan en la frecuencia del consumo de bebidas alcohólicas: veces al día, veces por semana, veces por mes. El consumo de alcohol se obtuvo preguntando el número de bebidas alcohólicas que se consume en un día típico (Baboor et al., 2001) y de acuerdo a ello, se evaluaron los gramos de alcohol consumidos, de los cuales se codificó como consumo alto de alcohol a partir de >30 g para hombres y >20 g para mujeres (WHO, 2004).

Polifarmacia. El consumo de 4 o más fármacos se definió como polifarmacia (Payne et al., 2011; Pilotto et al., 2003). Se le preguntó sobre el consumo de medicamentos y se verificó cuando el paciente mostró sus medicamentos a la

hora de la entrevista. También se indagó sobre el principio activo, esta variable se tomó para el análisis como 0: sin polifarmacia y 1: con polifarmacia.

Función Cognitiva. Para evaluarlo se aplicó la prueba de mini examen del estado mental, modificada por Icaza (Folstein et al., 1995). La evaluación consistió de 6 preguntas relacionadas con la orientación y uso de los sentidos del voluntario, por ejemplo, se preguntó la fecha por día de la semana, mes, y año, entre otras. La escala suma un puntaje máximo de 19 puntos. Si el participante sumó una puntuación en la escala menor a 13 puntos, el voluntario fue clasificado con deterioro cognitivo. Para el análisis se tomó como 0: sin deterioro y 1: con deterioro.

## V.7 Análisis Estadístico

Se realizaron comparaciones de las características generales de los hombres y mujeres mayores de 60 años de acuerdo al desempeño físico, utilizando para ello, una prueba t para muestras independientes y para las variables continuas (media  $\pm$  DE) y una Ji cuadrada (%) para las variables categóricas.

La asociación entre el desempeño físico y el IMLG e IMG se analizó por regresión logística múltiple en modelos separados. Primeramente, se consideró el número de muestra de 114 adultos mayores quienes tuvieron la medición de la composición corporal por el ACT. Segundo, se consideró la muestra total de 217. Se realizó un análisis exploratorio de cada una de las variables de la base de datos, para probar la hipótesis planteada a través de la regresión logística múltiple. Después se realizó un análisis univariado con la finalidad de explorar por separado la asociación de las variables independientes con la variable dependiente, eligiendo aquellas con una  $p < 0.2$ . Posteriormente, se ingresaron las variables, la de respuesta y la de exposición a la selección por pasos. Finalmente, la selección por pasos incluyó solo aquellas variables con

una  $p \leq 0.05$ , incluyendo además aquellas variables consideradas fisiológicamente importantes, obteniendo así la razón de momios (RM) de manera ajustada (modelos preliminares de la asociación entre el IMLG y bajo desempeño físico). El mismo procedimiento se realizó para probar la asociación con el IMG. Las variables seleccionadas en los modelos preliminares se sometieron para probar su interacción. Se comprobó la interacción cuando el valor de  $p$  fue  $< 0.1$ . Por último, se evaluó la independencia considerando el diseño del estudio y la linealidad se evaluó solo en las variables continuas en base al diagrama de dispersión univariable sobre la escala de logit. Todos los análisis se realizaron en el paquete estadístico STATA 12.0 para Windows (StataCorp, College Station).

## VI. RESULTADOS

Se incluyó una muestra total de 217, de los cuales el 34.6% fueron hombres y el 65.4% mujeres, ambos mayores de 60 años de Hermosillo, Sonora, con una edad promedio de 71.66 años. Por otro lado, 42 adultos mayores presentaron bajo desempeño físico, es decir el 19.3% del total de la muestra presentó bajo desempeño.

Las características generales de la muestra incluida se presentan de acuerdo al estado de desempeño físico (tabla 2). Se pudo observar que el grupo con bajo desempeño físico tuvo un mayor peso e IMC, comparado con el grupo de desempeño físico normal; sin embargo, estadísticamente no fue significativo. Mostrando solo diferencias significativas entre los dos grupos en la talla y circunferencia de cintura, observándose una mayor talla en el grupo con desempeño físico normal y una mayor circunferencia de cintura en el grupo con bajo desempeño físico. Respecto a los datos de composición corporal obtenida por DXA, el IMLG no mostró diferencia significativa entre grupos; sin embargo, el IMG si mostró diferencia significativa, observándose un mayor IMG en el grupo con bajo desempeño físico comparado con el IMG del grupo con desempeño físico normal ( $12.3 \text{ kg/m}^2$  vs  $10.9 \text{ kg/m}^2$ ).

Con respecto a las características demográficas, el grupo con bajo desempeño físico tuvo mayor edad (76 vs 70 años). En cuanto al ingreso mensual el 61.9% de adultos mayores clasificados con bajo desempeño físico tuvieron un ingreso bajo, a diferencia del grupo con desempeño físico normal que solo el 42.8% tuvieron ingreso bajo. Solo un 9.5% de adultos mayores clasificados con bajo desempeño físico tuvieron ingreso alto, mientras que en el grupo con desempeño físico normal, el 30.8% tuvieron ingreso alto ( $p \leq 0.05$ ).

Respecto a su función cognitiva, el 14.2% del grupo con bajo desempeño físico mostró tener deterioro cognitivo comparado con el 5.7% del grupo con desempeño físico normal ( $p \leq 0.05$ ). De igual manera, el grupo con bajo desempeño físico presentó mayor comorbilidad. Las enfermedades registradas en la escala de Charson fueron la hipertensión, con un 52.3% en el grupo con bajo desempeño físico y 38.5% en el grupo desempeño físico normal; la diabetes tipo II ocupando el 26.1% en el grupo con bajo desempeño físico y de 17.7% en el grupo con desempeño físico normal. La polifarmacia también fue diferente entre los grupos, mostrando mayor polifarmacia en el grupo con bajo desempeño físico ( $p \leq 0.05$ ). Respecto a las toxicomanías, el consumo de alcohol en el grupo con desempeño físico normal, se observó mayor porcentaje de personas que consumen alcohol ( $p = 0.034$ ).

Por otro lado, en la fuerza de prensión se observaron diferencias significativas, mostrando menos fuerza el grupo con bajo desempeño físico comparado con el grupo normal (19.1 kg vs 24.4 kg). Finalmente, en tabla 2 se muestra el valor de  $p$  de todas las variables analizadas.

Es importante mencionar que las características generales de acuerdo al desempeño físico, se evaluaron tanto en la muestra total (217), donde la MLG y MG se obtuvieron con DXA. Lo mismo se realizó con la muestra de 114, donde la MLG y MG se determinó por hidrometría. Los resultados del análisis con los 114 fueron similares a los reportados en la tabla 1 y se reportan en el anexo 2.

**Tabla 1.** Características generales de hombres y mujeres mayores de 60 años de Hermosillo, Sonora de acuerdo al desempeño físico

Variables	Desempeño físico bajo (n=42)	Desempeño físico normal (n=175)	Valor p
Edad, años	76 ± 6.16	70.62 ± 6.45	0.000*
Sexo			0.103
Hombres, %	23.81	37.14	
Mujeres, %	76.19	62.86	
Peso, kg	72.13 ± 17.34	71.40 ± 11.90	0.747
Talla, cm	1.56 ± 0.10	1.60 ± 0.90	0.031*
IMC, kg/m <sup>2</sup>	29.27 ± 5.93	27.85 ± 4.21	0.073
Cir.Cin., cm	99.85 ± 14.56	95.53 ± 10.98	0.033*
Fuerza de presión, kg	19.17 ± 7.11	24.46 ± 8.56	0.000*
MLG, kg	40.95 ± 9.63	42.56 ± 8.44	0.279
MG, kg	30.06 ± 9.65	27.70 ± 7.71	0.092
IMLG, kg/m <sup>2</sup>	16.53 ± 2.36	16.46 ± 2.06	0.832
IMG, kg/m <sup>2</sup>	12.30 ± 4.08	10.94 ± 3.42	0.027*
NAF estimado	1.61 ± 0.04	1.62 ± 0.04	0.160
Deterioro cognitivo, %	14.29	5.71	0.056*
Nivel socioeconómico			0.014*
Bajo, %	61.90	42.86	
Medio, %	28.57	26.29	
Alto, %	9.52	30.86	
Trabaja, %	14.29	27.43	0.077
Comorbilidad, %	64.29	43.43	0.015*
Hipertensión, %	52.38	38.51	0.101
Diabetes tipo II, %	26.19	17.71	0.212
Osteoporosis/Osteopenia, %	16.67	16	0.916
EPOC, %	4.76	6.29	0.709
Tubo digestivo, %	16.67	6.29	0.028*
Polifarmacia, %	54.76	27.43	0.001*
Tabaquismo, %	47.62	35.43	0.142
Alcohol, %	21.43	38.86	0.034*

**Abreviaturas:** IMC= índice de masa corporal; Cir.Cin= circunferencia de cintura; MLG= masa libre de grasa; MG= masa grasa; IMLG= índice de masa libre de grasa; IMG= índice de masa grasa; NAF= nivel de actividad física; EPOC= enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Valor de p a partir de una prueba t para muestras independientes o de una prueba de  $\chi^2$  dependiendo del tipo de variable.

Bajo desempeño físico  $\leq 6$  puntos en la SPPB; desempeño físico normal  $>6$  puntos en la SPPB.

\* $p \leq 0.05$ . Variables continuas (media  $\pm$  DE) y categóricas (porcentaje).

## VI.1 Asociación del IMLG e IMG Obtenida por el Método de Hidrometría con Bajo Desempeño Físico

Se utilizó regresión logística múltiple para probar las asociaciones entre los índices de composición corporal determinados por el método de ACT y DXA, en modelo separados. Primeramente, se realizó la asociación entre el IMLG e IMG con el bajo desempeño físico por modelos separados en los 114 voluntarios, en quienes estos índices fueron determinados por el método de hidrometría y la estatura. En la tabla 2 y 3 se presentan los modelos no ajustados y ajustados de la asociación del IMLG y el IMG con el bajo desempeño físico. Los resultados de los modelos por separado de la asociación entre las variables de exposición (IMLG e IMG) con el bajo desempeño físico no mostraron una asociación significativa en esta muestra de 114 sujetos.

**Tabla 2.** Asociación del IMLG con bajo desempeño físico, en hombres y mujeres mayores de 60 años

	Modelo sin ajuste		Modelo 1		Modelo 2	
	RM (IC 95%)	Valor p	RM (IC 95%)	Valor p	RM (IC 95%)	Valor p
<b>IMLG</b>	1.14(0.9-1.3)	0.178	1.13 (0.9- 1.3)	0.223	1.0 (0.8-1.2)	0.972
Edad			1.13 (1.0-1.2)	0.000	1.1 (1.0-1.2)	0.002
Polifarmacia					3.3 (1.2-9.3)	0.018
Fuerza					7.3 (1.4-36.9)	0.016

Modelo 1: ajustado por edad (n=114).

Modelo 2: ajustado por edad, polifarmacia y fuerza (n=114).

**Tabla 3.** Asociación del IMG con bajo desempeño físico, en hombres y mujeres mayores de 60 años

	Modelo sin ajuste		Modelo 1		Modelo 2	
	RM (IC 95%)	Valor p	RM (IC 95%)	Valor p	RM (IC 95%)	Valor p
<b>IMG</b>	1.0(0.9-1.1)	0.277	1.12 (0.9-1.2)	0.061	1.0 (0.9-1.2)	0.318
Edad			1.15 (1.0-1.2)	0.000	1.1 (1.0-1.2)	0.002
Polifarmacia					3.3 (1.2-9.0)	0.019
Fuerza					6.5 (1.2-33.2)	0.025

Modelo 1: ajustado por edad (n=114).

Modelo 2: ajustado por edad, polifarmacia y fuerza (n=114).

## VI.2 Asociación del IMLG e IMG Obtenida por DXA con Bajo Desempeño Físico

Al realizar el mismo procedimiento estadístico, pero ahora utilizando los datos de los 217 adultos mayores en quienes el IMLG se derivó del DXA, nuevamente la regresión logística simple (sin ajuste) no mostró asociación significativa entre el bajo desempeño físico con el IMLG ( $p \geq 0.05$ ). Sin embargo, al ajustar por edad, comorbilidad, polifarmacia, consumo de tabaco e IMC, la asociación resultó significativa  $p \leq 0.05$ , observándose un RM de 0.63, el cual nos habla de un RM de protección, es decir por cada aumento en una unidad ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) del IMLG existe un 40% menos riesgo de presentar bajo desempeño físico (modelo preliminar 1).

Cuando se probó la interacción entre las variables que quedaron en el modelo preliminar 1, se encontró una interacción significativa con el IMC ( $p \leq 0.1$ ). Con este resultado se decidió, estratificar la variable del IMC ( $0 = \text{IMC} < 25 \text{ kg}/\text{m}^2$ ,  $1 = \text{IMC} \geq 25 \text{ kg}/\text{m}^2$ ). Al categorizar la variable que presentó interacción se obtuvieron los modelos 1 y 2 (tabla 4), con esta categorización se perdió la significancia. Lo anterior significa que la asociación se debía a la interacción con el IMC y no a nuestra variable de exposición (IMLG). Además este hallazgo señala que probablemente el IMC como marcador de la adiposidad puede estar asociado con el bajo desempeño físico más que la MLG.

Con respecto a la asociación entre el bajo desempeño físico y el IMG, los resultados por regresión logística simple mostraron un RM de 1.1 ( $p = 0.029$ ). Al ajustar por edad, comorbilidad, polifarmacia; la asociación conservó su significancia (modelo 2), dando como resultado que por cada unidad de aumento ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) en el IMG el riesgo de tener bajo desempeño físico es de 1.18 veces más ( $p \leq 0.05$ ). Este modelo, también se decidió ajustar por el IMME y la asociación siguió conservando la significancia (Tabla 5). Este ajuste se realizó dado que en diferentes investigaciones este índice ha sido asociado directamente con bajo desempeño físico o discapacidad física.

En estos modelos 1 y 2 no se encontró interacción ni colinealidad y las variables continuas cumplieron con linealidad. Por lo tanto, se asume que la asociación entre el IMG y bajo desempeño físico fue significativa, es decir tener mayor IMG aumenta el riesgo para presentar un bajo desempeño físico.

**Tabla 4.** Asociación del IMLG con bajo desempeño físico, en hombres y mujeres mayores de 60 años

	Modelo sin ajuste		Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3	
	RM (IC 95%)	Valor p	RM (IC 95%)	Valor p	RM (IC 95%)	Valor p	RM (IC 95%)	Valor p
<b>IMLG</b>	1.01(0.86-1.19)	0.832	0.75 (0.5-0.9)	0.039	0.63 (0.3-1.6)	0.142	1.08 (0.8-1.3)	0.517
Edad			1.1 (1.0-1.2)	0.000	1.1 (1.0-1.2)	0.022	1.1(1.0-1.2)	0.009
Comorbilidad			2.8 (1.1-6.8)	0.024	1.6 (0.2-9.7)	0.873	3.6 (1.3-10.2)	0.014
Polifarmacia			2.6 (1.1-5.8)	0.020	2.1(0.3-14.5)	0.446	2.9(1.1-7.4)	0.024
Tabaquismo			2.2 (0.9-5.1)	0.058	1.9(0.2-13.4)	0.492	1.9(0.7-4.9)	0.155
IMC			1.2 (1.0-1.3)	0.001				

Modelo 1: ajustado por edad, comorbilidad, polifarmacia, consumo de tabaco e IMC kg/m<sup>2</sup> (n=217)

Modelo 2: ajustado por edad, comorbilidad, polifarmacia, consumo de tabaco, estratificado por IMC <25 kg/m<sup>2</sup> (n=49)

Modelo 3: ajustado por edad, comorbilidad, polifarmacia, consumo de tabaco, estratificado por IMC ≥ 25kg/m<sup>2</sup> (n=168)

**Tabla 5.** Asociación del IMG con bajo desempeño físico, en hombres y mujeres mayores de 60 años

	Modelo sin ajuste		Modelo 1		Modelo 2	
	RM (IC 95%)	Valor p	RM (IC 95%)	Valor p	RM (IC 95%)	Valor p
<b>IMG</b>	1.11(1.01-1.2)	0.029	1.18 (1.05-1.3)	0.004	1.17 (1.05-1.3)	0.005
Edad			1.1 (1.0-1.2)	0.000	1.16 (1.09-1.2)	0.000
Comorbilidad			2.8 (1.1-6.8)	0.011	1.91 (0.86-4.2)	0.110
Polifarmacia			2.3 (1.1-5.1)	0.029	2.35 (1.07-5.1)	0.033
IMME					0.96 (1.08-1.2)	0.883

Modelo 1: ajustado por edad, comorbilidad, polifarmacia (n=217).

Modelo 2: ajustado por edad, comorbilidad, polifarmacia e Índice de masa muscular en las extremidades (IMME) (n=217).

## VII. DISCUSIÓN

Los resultados reportados anteriormente se enmarcan dentro de los siguientes contextos. Primeramente, la prevalencia de bajo desempeño físico fue relativamente alta de 19.3%. Siendo el grupo de las mujeres (76.2%) el más afectado, comparado con los del sexo masculino (23.8%). A pesar de encontrarse estas diferencias en el sexo, en el análisis de regresión esta variable no se asoció significativamente.

Con respecto al efecto del sexo sobre el desempeño físico, la ENSANUT 2012 reportó que en adultos de 20 años o más, el 6.9% de los hombres y el 7.9% de las mujeres tuvieron dificultad para caminar, moverse y subir escaleras, independientemente del rango etario. En general, las mujeres presentaron mayor dificultad para realizar las pruebas de desempeño físico comparado con los hombres. Estos datos apoyan el efecto del sexo sobre el desempeño físico. Cuando comparamos las cifras de bajo desempeño físico con una población de adultos mayores encontramos nuevamente un efecto del sexo. Visser et al. (1998) reportaron en un estudio epidemiológico en la población estadounidense, que las mujeres tenían una prevalencia más alta de bajo desempeño físico (26.5%) comparada con la encontrada en los hombres (16.9%).

Es importante señalar que la prevalencia de bajo desempeño físico fue mayor en la población estadounidense, posiblemente esto se relacione con las diferencias en las pruebas y criterios utilizados para evaluar la variable respuesta. También las mujeres mayores de 60 años estadounidenses presentaron mayor cantidad de grasa comparada con las mexicanas (32.8 kg vs 29.94 kg). En términos de salud pública la evaluación del desempeño en los

adultos mayores es de gran relevancia. Se tiene evidencia de que la alteración en el desempeño físico contribuye de manera importante a la DF, ya que se ha reportado que el bajo desempeño físico es un marcador temprano de DF (Artaud et al., 2015).

En la búsqueda de reducir y prevenir la DF, diversos investigadores han explorado los factores causales. Dos estudios epidemiológicos que hacen un análisis de cohorte y de seguimiento en adultos mayores estadounidenses concluyen consistentemente que el elevado contenido de MG evaluada por bioimpedancia eléctrica expresada en kg o %, están asociados con bajo desempeño físico y con DF (Visser et al., 1998; Broadwin et al., 2001). Particularmente, Broadwin et al. (2001) concluyen que se debería prevenir el aumento de tejido y adiposo y evitar la disminución de la MLG para disminuir el riesgo de DF.

Con respecto a nuestra hipótesis originalmente planteada fue que valores bajos en el IMLG estaban asociados con bajo desempeño físico. En realidad poco se sabe cómo índice, en cambio como variable continua expresada en kg o porcentaje se reconoce que bajos valores de MLG expresada en % se asocian con mayor DF (Broadwin et al., 2001). Contrario a los resultados reportados por Broadwin et al (2001), previamente Visser et al. (1998) ya había mostrado que valores altos de MLG expresada en kg estaban fuertemente asociados con bajo desempeño físico. Estos investigadores discuten que esta asociación no esperada, se debió probablemente a que las personas con sobrepeso y obesidad tienen mayor MLG, debido a que necesitan más tejido magro para soportar un mayor peso corporal. Así mismo, las enfermedades como la artritis, la diabetes y la hipertensión se asociaron positivamente con valores altos en la MLG, además se reconoce que estas enfermedades se asocian también con la obesidad así que posiblemente por ambos mecanismos la MLG se asoció con mayor riesgo de DF.

Es importante señalar que en el estudio anteriormente citado la MLG no fue ajustada por el IMC o MG ni tampoco por la talla, se ha demostrado que estas variables influyen fuertemente en la asociación con el bajo desempeño

físico o DF, por lo tanto los autores debieron de haber ajustado por dichas variables. Finalmente, es importante mencionar que en el presente estudio aun ajustando la MLG (estimado por DXA o el ACT) por la talla, la asociación con el bajo desempeño físico no fue significativa.

Como se ha venido mencionando y de acuerdo a nuestro conocimiento, no hay estudios donde se explore esta misma asociación ajustando la MLG por la talla o IMLG. En el presente estudio, utilizando el IMLG y explorando esta misma asociación en los 217 adultos mayores, también nuestros resultados mostraron una asociación significativa con valores bajos en el IMLG con bajo desempeño físico. Sin embargo, al ajustar por edad, polifarmacia, comorbilidad y por el IMC, esta asociación perdió la significancia, lo que significa que esta asociación se debía más a la adiposidad evaluada por el IMC más que al IMLG. Además, basándonos en la asociación encontrada por Broadwin et al. (2001), puede ser que valores bajos en el IMLG solo estén asociados con DF y no con bajo desempeño físico como se probó en este estudio. Debido a que ellos encontraron solo asociación con bajos valores de MLG con DF o también puede deberse a un efecto de la adiposidad per se sobre el desempeño físico.

También es importante mencionar que nuestra hipótesis fue fundamentada en el trabajo de Campell y Vallis (2014), donde asociaron indirectamente un bajo IMLG con fuerza y velocidad de la marcha. Sin embargo, nuestros resultados no mostraron asociación entre el IMLG con la velocidad de la marcha pero si con la fuerza muscular.

Basándonos en nuestros resultados donde se muestran una influencia del IMC sobre la asociación entre el IMLG con el bajo desempeño físico, además de los resultados del estudio de Visser et al. (1998) y Broadwin et al. (2001) quienes si encontraron asociación con valores altos de la MG con bajo desempeño físico y DF. Se decidió explorar la asociación con el IMG y bajo desempeño físico. Nuestros resultados mostraron una asociación significativa entre los valores del IMG con el bajo desempeño físico en la muestra de 217 sujetos mayores de 60 años, aun ajustando por diversas variables.

Se ha reportado que el tejido adiposo está relacionado con el aumento de la producción de sustancias importantes para el organismo como la leptina, factores pro-inflamatorias como interleucina-6 y factor de necrosis tumoral alfa (por sus siglas en inglés TNF- $\alpha$ ). El desbalance en estas citocinas pro-inflamatorias o durante la inflamación crónica se produce resistencia a la insulina, alteran el metabolismo energético y la secreción de la hormona de crecimiento. Estudios en animales y humanos han mostrado que estos factores pro-inflamatorios como la interleucina-6, el TNF- $\alpha$  y otros marcadores de inflamación como la proteína C reactiva están asociados de manera directa y con el IMC y con la MG. Además, estos factores muestran una asociación con la pérdida de la masa muscular en los adultos mayores (Cesari M et al., 2005). Finalmente, esta baja masa muscular es la más involucrada en la funcionalidad y aumenta el riesgo de alteración en el desempeño físico y DF (Domínguez y Barbagallo, 2007; Zamboni et al., 2005; Roubenoff y Hughes 2000).

Lo anteriormente expuesto es de gran relevancia para nuestros hallazgos, por ello, en la regresión logística múltiple sobre la asociación entre el IMG con el bajo desempeño físico se tomó en cuenta al IMME, para remover el posible efecto de este sobre el bajo desempeño físico. Dicha asociación fue significativa aun ajustando por el IMME. Lo que significa que la masa grasa como variable continua (kg o %) y como índice, probado en este estudio, realmente es un compartimento que contribuye a la alteración en el desempeño físico (Visser et al., 1998; Broadwin et al., 2001). Los mecanismos por los cuales la MG interfiere con el bajo desempeño físico después de ajustar por el IMME son difíciles de explicar. Sin embargo se ha reportado que la inflamación en adultos mayores tiene un efecto independiente sobre el desempeño físico. Es importante mencionar que en el adulto mayor la inflamación sub-clínica crónica o inflamación es muy común debido a la edad *per se*, a la obesidad y a la alteración del sistema inmune, es por ello, que tanto los niveles de grasa como citocinas pro-inflamatoria deberían de vigilarse a edades avanzadas (Brinkley et al., 2009).

Posiblemente, existen otros mecanismos no fisiológicos que expliquen el bajo desempeño físico en personas con niveles elevados de MG. Recientemente, se sugirió que el desempeño físico, principalmente la movilidad o caminar estaba limitado por el dolor asociado con un elevado IMC (Chou et al. 2016), situación que en este estudio no se exploró.

## VIII. CONCLUSIONES

El bajo desempeño físico es una alteración muy común en esta muestra evaluada. Se encontró una prevalencia relativamente alta en estos adultos mayores del noroeste de México. Al clasificar algunas características físicas y de composición corporal, se encontró que el IMLG no fue diferente entre los grupos, en cambio el grupo con bajo desempeños físico mostró un IMG mayor comparado con el grupo con desempeño físico normal.

En la muestra evaluada no se encontró una asociación significativa entre el IMLG determinado por ambos métodos de composición corporal con el bajo desempeño físico. En cambio sí se encontró una asociación significativa entre el IMG determinado por DXA en los 217 adultos mayores con el bajo desempeño físico. Estos resultados señalan la importancia de preservar un porcentaje de grasa o un IMG normal en la población de adultos mayores, evitando el sobrepeso y obesidad, debido a que los niveles elevados de MG contribuyeron a la pérdida del desempeño físico. Posiblemente, muchos de los adultos mayores con bajo desempeño físico desarrollen DF. Este es el primer estudio que presenta dicha asociación utilizando la MG ajustada por la talla; sin embargo, se necesitan más estudios transversales y de cohorte para explorar la asociación causal entre la composición corporal particularmente la MG como índice con el bajo desempeño físico o DF.

## IX. REFERENCIAS

- Albala C., Yáñez M., Salazar G. and Vio F. 1994. Body composition in the elderly: total body water and anthropometry. *Nutr Res.* 14: 1797-1809.
- Alemán-Mateo H. and Ruiz-Valenzuela R.E. 2014. Skeletal muscle mass indices in healthy young mexican adults aged 20–40 years: implications for diagnoses of sarcopenia in the elderly population. *Scientific World Journal.* 5pp.
- Alemán-Mateo H., Lee S.Y., Javed F., Thornton J., Heymsfield S.B., Pierson R.N., Pi-Sunyer F.X., Wang Z.M., Wang J., Gallagher D. 2009. Elderly mexicans have less muscle and greater total and truncal fat compared to africanamericans and caucasians with the same BMI. *J Nutr Health Aging.* 13(10): 919.
- Alemán-Mateo H., Salazar G. Hernández-Triana M. and Valencia M.E. 2006. Total energy expenditure, resting metabolic rate and physical activity level in free-living rural elderly men and women from Cuba, Chile and Mexico. *Eur J Clin Nutr.* 60 (11); 1258-1265.
- Artaud F., Singh M.A., Dugravot A., Tzourio C. and Elbaz A. Decline in fast gait speed as a predictor of disability in older adults. 2015. *J Am Geriatr Soc* 63:1129–1136.
- Babor T., Higgins-Biddle, J., Saunders J., Monteiro M. 2001. The alcohol use disorders identification test guidelines for use in primary care. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- Barbat-Artigas S., Rolland Y., Cesari M., Van-Kan G., Aubertin-Leheudre M. 2013. Clinical relevance of different muscle strength indexes and functional impairment in women aged 75 years and older. *Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 7:811–819.

- Batsis J.A., Sahakyan K.R., Rodríguez-Escudero J., Bartels S., Lopez-Jimenez F. 2014. Normal weight obesity and functional outcomes in older adults. *Eur J Intern Med.* 25: 517–522.
- Baumgartner D., Koehler K., Gallagher D., Romero L., Heymsfield S., Ross R.R., Garry P.J., and Lindeman R.D. 1998. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Clin Nutr.* 147(8):755-765.
- Brinkley T., Leng X., Miller M., Kitzman D., Pahor M., Berry M., Marsh A., Kritchevsky S. and Nicklas B. 2009. Chronic inflammation is associated with low physical function in older adults across multiple comorbidities. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1-7.
- Broadwin J., Goodman D. and Slymen D. 2001. Ability of fat and fat-free mass percentages to predict functional disability in older men and women. *J Am Geriatr Soc.* 49:1641–1645.
- Campbell T. and Vallis L. 2014. Predicting fat-free mass index and sarcopenia in assisted-living older adults. *AGE.* 36:9674.
- Cesari M., Kritchevsky S., Baumgartner R., Atkinson H., Penninx B., Lenchik L., Palla S., Ambrosius W., Tracy R. and Pahor M. 2005. Sarcopenia, obesity, and inflammation—results from the trial of angiotensin converting enzyme inhibition and novel cardiovascular risk factors study. *Am J Clin Nutr.* 82:428 –34.
- Charlson M., Pompei P., Ales K. and MacKenzie C. 1987. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chronic Dis.* 5:373-383.
- Chou L., Brady S. F., Urquhart D., Teichtahl A., Cicuttini F., Pasco J., Brennan-Olsen S. and Wluka A. 2016. The Association between obesity and low back pain and disability is affected by mood disorders. *Medicine* 95(15):e3367.
- Chumlea C., Guo S., Kuczmarski R., Flegal K., Johnson C., Heymsfield S., Lukaski H., Friedl K. and Hubbard V. 2002. Body composition estimates from NHANES III bioelectrical impedance data. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 26(1):596-609.
- Clasey J. L., Kanaley L., Wideman S. B., Heymsfield C. D., Teates M. E., Gutgesell M. O., Thorner M. L and Weltman A. 1999. Validity of

methods of body composition assessment in young and older men and women. *J Appl Physiol.* 86(5):1728–1738.

Cruz-Jentoft A.J., Baeyens J.P., Bauer J.M., Boirie Y., Cederholm T., Landi, F., Zamboni M. 2010. Sarcopenia: european consensus on definition and diagnosis: report of the european working group on sarcopenia in older people. *Age Ageing.* 39:412-423.

Den-Ouden M.E., Schuurmans M.J., Mueller-Schotte S., Brand J.S., Van Der-Schouw Y.T. 2013. Domains contributing to disability in activities of daily living. *J Am Med Dir Assoc.*14:18–24.

Di Bari M., Virgilio A., Matteuzzi D., Inzitari M., Mazzaglia G., Pozzi C., Geppetti P., Masotti G., Marchionni N. and Pini R. 2006. Predictive validity of measures of comorbidity in older community dwellers: the insufficienza cardiaca negli anziani residenti a dicomano study. *J Am Geriatr Soc.* 54: 210–216.

Ding J., Kritchevsky S., Newman A., Taaffe D., Nicklas B. and Visser M. 2007. Effects of birth cohort and age on body composition in a sample of community-based elderly. *Am J Clin Nutr* 85 (40):5–10.

Drey M. and Bauer J.M. 2012. Measurement of muscle strength and power. sarcopenia 1ra Edition. Ed: John Wiley & Sons.

Domínguez L.J., and Barbagallo M. 2007. The cardiometabolic syndrome and sarcopenic obesity in older persons. Review paper: *JCMS.* 2:183–189.

Dufour A., Hannan M., Murabito J., Kiel D. and McLean R. 2013. Sarcopenia definitions considering body size and fat mass are associated with mobility limitations: the framingham study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2:168–174.

Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. 2012. (ENSANUT). (<http://www.insp.mx/ensanut2012/.pdf>) consultado el 20 de Julio del 2015.

Fantin F., Francesco V., Fontana G., Zivelonghi A., Bissoli L., Zoico E., Rossi A., Micciolo R., Bosello O. and Zamboni M. 2007. Longitudinal body composition changes in old men and women: interrelationships with worsening disability. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 62: 1375–1381.

- Folstein M., Folstein S. and McHugh P. 1975. Mini-mental state: a practical method for grading the clinician. *J Psychiatr Res.* 12:189-98. (Modificado por Icaza MG, Albala C. Mini-mental State Examination (MMSE): el estudio demencias en Chile. OPS/OMS. 1999).
- Gadsby R., Galloway M., Barker P. and Sinclair A. 2011. Prescribed medicines for elderly frail people with diabetes resident in nursing homes: issues of polypharmacy and medication costs. *Diabetic Medicine.* 29: 1.136-139.
- Gallagher D., Visser M., Meersman R., Sepúlveda D., Baumgartner R., Pierson R. Harris T. and Heymsfield S.B. 1997. Appendicular skeletal muscle mass: effects of age, gender, and ethnicity. *J Appl Physiol.* 83(1): 229–239.
- Goran M.I., Toth M.J. and Poehlman E.T. 1998. Assessment of research-based body composition techniques in healthy elderly men and women using the 4-compartment model as a criterion method. *Int J Obes.* 22: 135-142.
- Guralnik J., Ferrucci L., Simonsick E., Salive M. and Wallace R. 1995. Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. *N Engl J Med.* 332:556-61.
- Heymsfield S., Smith R., Aulet M., Bensen B., Lichtman S., Wang J. and Pierson R. 1990. Appendicular skeletal muscle mass: measurement by dual-proton absorptiometry. *Am J Clin Nutr.* 52:214-8.
- Huerta-Huerta R. 2004. Estudio de composición corporal en el adulto mayor con el modelo de 4C, basando en densitometría e hidrometría. CIAD. Hermosillo, Sonora. 106pp.
- Hughes V., Frontera W., Roubenoff R., Evans W. and Fiatarone S. 2002. Longitudinal changes in body composition in older men and women: role of body weight change and physical activity. *Am J Clin Nutr.* 76(4):73–81.
- Iraizoz I. 1999. Valoración geriátrica integral (II): valoración nutricional y mental en el anciano, Servicio de Geriátrica. Hospital de Navarra. Pamplona. Anales del Sistema Sanitario de Navarra, Vol 22, Suplemento 1.

- Janssen I., Baumgartner R.N. and Roubenoff R. 2004. Skeletal muscle cutpoints associated with elevated physical disability risk in older men and women. *Am J Epidemiol.* 159 (4):13-21.
- Janssen I., Heymsfield S., Wang Z. and Ross R. 2000. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr. *J Appl Physiol.* 89: 81–88.
- Janssen I., Heymsfield S. and Ross R. 2002. Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. *J Am Geriatr Soc.* 50:889–896.
- Kelly T., Slovik D., Schoenfeld D. and Neer R. 1988. Quantitative digital radiography versus dual photon absorptiometry of the lumbar spine. *J Clin Endocrinol Metab.* 67: 839.
- Kelly T., Wilson K. and Heymsfield S. Dual energy x-ray absorptiometry body composition reference values from NHANES. 2009. *Plos one* 4(9): e7038.
- Koster A., Patel K., Visser M., Eijk J., Kanaya A., Rekeneire N., Newman A.B., Tyllavsky F.A., Kritchevsky S.B. and Harris T.B. 2008. Joint effects of adiposity and physical activity on incident mobility limitation in older adults. *J Am Geriatr Soc.* 56:636–643.
- Kruger H., Micklesfield L., Wright H., Havemann-Nel I. and Goedecke J. 2015. Ethnic-specific cut-points for sarcopenia: evidence from black south african women. *Eur J Clin Nutr.* 1 – 7.
- Kyle U., Schutz Y., Dupertuis M. and Pichard C. 2003. Body composition interpretation: contributions of the fat-free mass index and the body fat mass index. *Nutrition.* 19:597– 604.
- Kyle U., Pirlich M., Lochs H., Schuetz T. and Pichard C. 2005. Increased length of hospital stay in underweight and overweight patients at hospital admission: a controlled population study. *Clin Nutr.* 24(1):133-42.
- Landi F., Russo A., Liperoti R., Tosato M., Barillaro C., Pahor M., Bernabei R. and Onder G. 2010. Anorexia, physical function, and incident disability among the frail elderly population: results from the iSIRENTE study. *J Am Med Dir Assoc.* 11: 268–274.

- Lisko I., Stenholm S., Raitanen J., Hurme M., Hervonen A., Jylhä M. and Tiainen K. 2014. Association of body mass index and waist circumference with physical functioning: the vitality 90+ study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1-7.
- Lohman T.G., Dual energy X-ray absorptiometry. Human body composition. Roche AF, Heymsfield, Lohman TG. Human Kinetics Editores. 1996, pp. 63-78.
- Lopes M. y Martínez J. 2010. Composición corporal y metabolismo energético en mujeres con exceso de peso. *Brasil. An Sist Sanit Navar.* 33 (2): 155-165.
- Manrique-Espinoza B., Salinas-Rodríguez A., Moreno-Tamayo K., Acosta-Castillo I., Sosa-Ortiz A., Gutierrez- Robledo L. y Tellez-Rojo M. Condiciones de salud y estado funcional de los adultos mayores en México. 2013. *Salud Pública Mex.* 2:S323-S331.
- Martínez-Gómez D., Guallar-Castillon P. and Rodríguez-Artalejo F. 2016. Sitting time and mortality in older adults with disability: a national cohort study. *JAMDA.* 1.e1.e6
- Messier V., Karelis A.D., Lavoie M.E., Brochu M., Faraj M, Strychar I. and Rabasa-Lhoret R. 2009. Metabolic profile and quality of life in class 1 sarcopenic overweight and obese postmenopausal women: a MONET study. *Appl Physiol Nutr Metab.* 34:18–24.
- Menéndez J., Guevara A., Arcia N., León D.E., Marín C. y Alonso J.C. 2005. Enfermedades crónicas y limitación funcional en adultos mayores: estudio comparativo en siete ciudades de América Latina y el Caribe. *Rev Panam Salud Pública.* 17(5/6):353–61.
- Murphy R., Reinders I., Register T., Ayonayon H., Newman A., Satterfield S., Goodpaster B.H., Simonsick E.M., Kritchevsky S.B. and Harris T.B. 2014. Associations of BMI and adipose tissue area and density with incident mobility limitation and poor performance in older adults. *Am J Clin Nutr.* 99(10):59–65.
- Newman A., Kupelian V., Visser M., Simonsick E., Goodpaster B., Nevitt M., Kritchevsky S.B., Tylavsky F.A., Rubin S.M. and Harris T.B. 2003. Sarcopenia: alternative definitions and associations with lower extremity function. *J Am Geriatr Soc.* 51:1602–1609.

- Ochi M., Koharaa K., Tabarab Y., Kidoa T., Uetania E. and Ochi E. 2010. Arterial stiffness is associated with low thigh muscle mass in middle-aged to elderly men. *Atherosclerosis*. 212: 327–332.
- OIEA: Introducción a la determinación de la composición corporal mediante la técnica de dilución de deuterio con análisis de muestras de saliva por espectrometría infrarroja por transformada de Fourier. Austria: Sección editorial del OIEA, dependencia de mercadotecnia y venta, Organismo Internacional de Energía Atómica. 2013. 2-54.
- Okabe T., Abe Y., Tomita Y., Mizukami S., Kanagae M., Arima K., Nishimura T., Tsujimoto R., Tanaka N., Goto H., Horiguchi I. and Aoyagi K. 2016. Age-specific risk factors for incident disability in activities of daily living among middle-aged and elderly communitydwelling Japanese women during an 8–9-year follow up: the Hizen-Oshima study. *Geriatr Gerontol Int*. 1-6.
- OMS: Organización Mundial de la Salud. Informe mundial sobre la discapacidad.201. ([http://conadis.gob.mx/doc/banners/Informe\\_Mundial\\_sobre\\_la\\_Discapacidad\\_Resumen.pdf](http://conadis.gob.mx/doc/banners/Informe_Mundial_sobre_la_Discapacidad_Resumen.pdf)) consultado en Agosto 2014.
- Ouden M., Schuurmans M., Brand J., Arts I., Mueller-Schotte S. and Van der Schouw Y. 2013. Physical functioning is related to both an impaired physical ability and ADL disability: A ten year follow-up study in middle-aged and older persons. *Maturitas*.74: 89–94.
- Park S., Park J., Song P., Kim D., Kim K. and Seol S. 2013. Sarcopenic obesity as an independent risk factor of hypertension. *J Am Soc Hypertens*. 7:420–425.
- Payne R. and Avery A. Polypharmacy: one of the greatest prescribing challenges in general practice. 2011. *Brit J Gen Pract*. 61 (583). 83-4.
- Petersen A., Magkos F. and Atherton P. 2007. Smoking impairs muscle protein synthesis and increases the expression of myostatin and MAFbx in muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 293:843–848.
- Pietrobelli A., Formica C., Wang Z. and Heymsfield S.B. 1996. Dual-energy X-ray absorptiometry body composition model: review of physical concepts. *Am. J. Physiol*. 271:34 E941-E951.

- Pilotto A., Franceschi M., Leandro G. and Di M.F. 2003. Geriatric gastroenterology study group (società italiana gerontologie geriatria) NSAID and aspirin use by the elderly in general practice: effect on gastrointestinal symptoms and therapies. *Drugs Aging*. 20:701.
- Rolland Y., Lauwers V., Cristini C., Abellan van Kan G., Janssen I., Morley J. and Vellas B. 2009. Difficulties with physical function associated with obesity, sarcopenia, and sarcopenic-obesity in community-dwelling elderly women: the EPIDOS (epidemiologie de l'osteoporose) Study. *Am J Clin Nutr*. 89:1895–900.
- Rom O., Kaisari S., Aizenbud D. and Reznick A. 2012. Sarcopenia and smoking: a possible cellular model of cigarette smoke effects on muscle protein breakdown. *Ann N Y Acad Sci*. 1259:47-53.
- Rosenberg I. 1989. Summary comments. *Am J Clin Nutr*. 50:1231-1233.
- Roubenoff R. and Hughes V. 2000. Sarcopenia: Current Concepts. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 55A (12): M716–M724.
- Roubenoff R. 2004. Sarcopenic Obesity: The confluence of two epidemics. *Obes Res*. 12(6): 913–920.
- Sandoval F.A., Tamiya N., Lloyd-Sherlock P. and Noguchi H. 2016. Relation of depression with health behaviors and social conditions of dependent community-dwelling older persons in the Republic of Chile. *Int Psychogeriatrics*. 1-15.
- Santana V., Bembibre T., García N. y González A. 1998. Efectos sobre la salud del anciano en cuanto a alteraciones en la medicación. *Rev Cubana Med Gen Integr*. 14 (4): 316-9.
- Schoeller D. Roche A.F. Heymsfield S.B. Lohman T.G. 1996. *Human Body Composition*. Champaign. IL: Human Kinetics. Primera edición. Australia. 25-44 pp.
- Schols A., Broekhuizen R., Scheepers C. A. and Wouters E. 2005. Body composition and mortality in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Clin Nutr*. 82:53–9.

- Seon-Mee M., Won-Yoon Y., Young-Ahn A., So-Yeon K., Kyoung-Ho L., Hayley S., Sung-Hee C., Kyong-Soo P., Hak-Chul J. and Soo L. 2011. Android fat depot is more closely associated with metabolic syndrome than abdominal visceral fat in elderly people. *Plos one*.11(e27):694.
- Shimada H., Makizako H., Lee S., Doi T., Lee S., Tsutsumimoto K., Harada K., Hotta R., Bae S., Nakakubo S., Harada K. and Suzuki T. 2015. Impact of cognitive frailty on daily activities in older persons. *J Nutr Health Aging*. 1-7.
- Shimokata H., Ando F., Yuki A. and Otsuka R. 2014. Age-related changes in skeletal muscle mass among community-dwelling Japanese: A 12-year longitudinal study. *Geriatr Gerontol Int*. 14: 85–92.
- Shinkai S., Kumagai S., Fujiwara Y., Amano H., Yoshida Y., Watanabe S., Ishizaki T., Suzuki T. and Shibata H. 2003. Predictors for the onset of functional decline among initially non-disabled older people living in a community during a 6-year follow-up. *Geriatr Gerontol Int*. 3: S31–S39.
- Snead, D.B., Birge S.J. and Kohrt W.M. 1993. Age-related differences in body composition by hydrodensitometry and dual-energy X-ray absorptiometry. *J. Appl. Physiol*. 74: 770–775.
- Snyder D., Morey M., Sloane R., Stull V., Cohen H.J. and Peterson B. 2009. Reach out to enhance wellness in older cancer survivors (renew): design, methods, and recruitment challenges of a home-based exercise and diet intervention to improve physical function among long-term survivors of breast, prostate, and colorectal cancer. *Psycho-oncology*. 4(4):29–39.
- Stuck A., Walthert J.M., Nikolaus T., Bula C., Hohmann C., Beck J. 1999. Risk factors for functional status decline in community-living elderly people: a systematic literature review. *Soc Sci Med*. 48: 445-469
- Tolea M. and Galvin J. 2015. Sarcopenia and impairment in cognitive and physical performance. *Clin. Interv. Aging*. 10: 663–671.
- Vahlberg B., Zetterberg L., Lindmark B., Hellström K. and Cederholm T. 2016. Functional performance, nutritional status, and body composition in ambulant community-dwelling individuals 1–3 years after suffering from a cerebral infarction or intracerebral bleeding. *BMC Geriatrics*. 16:48. 2-9.

- Van der Ploeg G.E., Robert T.W. and Laforgia J. 2003. Percent body fat via DEXA: comparison with a four-compartment model. *J Appl Physiol* 94: 499–506.
- Vargas R. and Lang C. 2008. Alcohol accelerates loss of muscle and impairs recovery of muscle mass resulting from disuse atrophy. *Alcohol Clin Exp Res.* 32: 128-137.
- Vilaca K., Alves N., Carneiro J., Ferriolli E., Lima N. and Moriguti J. 2013. Body composition, muscle strength and quality of active elderly women according to the distance covered in the 6-minute walk test. *Braz J Phys Ther.* 17:289-296.
- Visser M., Goodpaster B., Kritchevsky S., Newman A., Nevitt M., Rubin S. and Harris T. 2005. Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. *Am J Clin Nutr.* 89:465-471.
- Visser M., Harris T., Langlois J., Hannan M., Roubenoff R., Felson D., Wilson P.H., Kiehl D.P. 1998. Body fat and skeletal muscle mass in relation to physical disability in very old men and women of the framingham heart study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 53: 214-221.
- Visser M., Langlois J., Guralnik J., Cauley J., Kronmal R., Robbins J., Williamson J. and Harris T. 1998. High body fatness, but not low fat-free mass, predicts disability in older men and women: the cardiovascular health study. *Am J Clin Nutr.* 68:584–90.
- Wannamethee G., Shaper G., Whincup P. and Walker M. 2004. Overweight and obesity and the burden of disease and disability in elderly men. *Int J Obesity.* 28: 1374–1382.
- Wei-Wu L., Liang C., Chun P., Ta C., Fang Y., Shan S., Yi-Hsin C. and Wei K. 2016. All-cause mortality risk in elderly individuals with disabilities: a retrospective observational study. *BMJ open.* 6:e011164.
- Wellens R., W. Chumlea S. Guo A. F. Roche N. V. and. Siervogel R. M. 1994. Body composition in white adults by dual-energy X-ray absorptiometry, densitometry, and total body water. *Am J Clin Nutr.* 59: 547–555.

Wheaton F.V. and Crimmins E.M. 2016. Female disability disadvantage: a global perspective on sex differences in physical function and disability. *Ageing Soc.* 36(6):1136-1156.

Working group on functional outcome measures for clinical trials functional outcomes for clinical trials in frail older persons: time to be moving 2008. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 63: 160–4.

WHO: World Health Organization. *Global Status Report on Alcohol.* Geneva: WHO. 2004.

Zamboni M., Mazzali G., Zoico E., Harris T.B., Meigs J.B., Di Francesco V., Fantin F., Bissoli L. and Bosello O. 2005. Health consequences of obesity in the elderly: a review of four unresolved questions. *Int J Obesity.* 29: 1011–1029.

## ANEXO 1

### FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

El presente estudio se llevará a cabo para evaluar si existe asociación entre el índice de masa corporal libre de grasa con el riesgo de discapacidad física. Este proyecto contribuirá para que los institutos de salud puedan diagnosticar a tiempo si se tiene el riesgo de padecer discapacidad física (deterioro al caminar, comer, bañarse, etc.) de una manera fácil y sencilla. Para ello, se llevaran a cabo las siguientes mediciones.

- Para medir el agua corporal total se le dará una dosis tomada de “agua especial o pesada” la cual contiene un isótopo estable (deuterio), el cual se encuentra de manera natural en nuestro cuerpo en cantidades muy pequeñas (150 ppm) y lo que le haríamos sería enriquecer esta cantidad con la dosificación que se le dará, esta prueba se hará en ayuno y se coleccionarán muestras de su saliva con la ayuda de torundas de algodón para poder saber cuántos kg de agua tiene todo su cuerpo, así mismo con este procedimiento vamos a ver cuántos kg de grasa y de tejido que no es grasa tiene su cuerpo.
- Antes de tomar el agua especial se le tomara una muestra de saliva de 4 ml en un algodoncito que usted tiene que introducir en su boca y empaparlo de saliva, a las 3 hrs se le volverá a tomar otra muestra de saliva siguiendo el mismo procedimiento.
- Se medirá el peso, talla, circunferencias (cintura, cadera y de brazo), pliegues cutáneos (subescapular, bicipital y suprailíaco).
- Para identificar la masa muscular en las extremidades se utilizará la Absorciometría Dual de Rayos X. En esta técnica se utiliza un equipo que emite una dosis muy baja de rayos-X (una radiografía del cuerpo entero) que no afectan al individuo.
- De igual manera para medir la masa corporal libre de grasa se le medirá la bioimpedancia eléctrica. Esta medición consiste en una resistencia al paso de una pequeña corriente tan baja que Ud. no sentirá nada y que sirve para

estimar la grasa corporal. Para este propósito se le colocaran un par de terminales con una cinta adhesiva, dos en la mano derecha y dos en pie derecho.

- Se medirá la fuerza de presión por dinamometría, esta consiste en apretar un dinamómetro el cual es un aparato que mide la fuerza en kg. Se realiza en ambas manos y no produce ningún efecto adverso.
- Se aplicará una prueba de desempeño físico, la cual consiste en medir el balance, el tiempo en que camina una distancia determinada y medir el tiempo que tarda en levantarse y sentarse de una silla, también se le hará una prueba muy parecida a la anterior esta consiste en pararse de una silla caminar 3 m regresar y sentarse de nuevo, y por último se le pedirá que camine durante 6 minutos, en esta prueba se le checará el pulso cardíaco y la presión arterial antes y después de haber caminado. Esta prueba es sencilla, supervisada y no le provocará alguna consecuencia o daño físico.
- También se evaluará la dieta, la cual será evaluada por recordatorio de 24 horas, que es un cuestionario que consiste en hacer recordar todo los alimentos que consumió durante 24 horas. Se aplicaran 3, un cuestionario se aplicará en las instalaciones de CIAD, A.C. y los otros 2 de forma domiciliaria.
- Es importante mencionar, que el sujeto puede retirarse del estudio cuando lo desee

*Declaro que he recibido una explicación completa del estudio y comprendo que no incurro en ningún riesgo o daño para mi salud actual o futura. Me comprometo a acatar las recomendaciones relacionadas a la investigación para lograr resultados confiables.*

---

Nombre completo y firma

---

Fecha

Este proyecto fue aprobado por el comité de ética del comité interno y externo de ética del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Carretera a la victoria km 0.6, Hermosillo, Sonora. Tel : (662)2892400

## ANEXO 2

**Tabla.** Características generales de hombres y mujeres mayores de 60 años de Hermosillo, Sonora de acuerdo al desempeño físico

Variables	Desempeño Físico Bajo (n=29)	Desempeño Físico Normal (n=85)	Valor p
Edad, años	77.2 ± 7.06	70.9 ± 6.63	0.000*
Sexo			0.103
Hombres, %	23.81	37.14	
Mujeres, %	76.19	62.86	
Peso, kg	70.58 ± 18.54	71.01 ± 11.76	0.885
Talla, cm	1.53 ± 0.10	1.59 ± 0.09	0.012*
IMC, kg/m <sup>2</sup>	29.66 ± 6.49	27.85 ± 4.21	0.073
Cir.Cin., cm	99.58 ± 15.85	94.68 ± 11.12	0.070
Fuerza de presión, kg	17.08 ± 5.61	22.97 ± 8.03	0.000*
MLG, kg	40.95 ± 9.63	42.56 ± 8.44	0.279
MG, kg	30.06 ± 9.65	27.70 ± 7.71	0.092
IMLG, kg/m <sup>2</sup>	16.53 ± 2.36	16.46 ± 2.06	0.832
IMG, kg/m <sup>2</sup>	12.30 ± 4.08	10.94 ± 3.42	0.027*
NAF estimado, kcal	1.61 ± 0.04	1.62 ± 0.04	0.160
Déficit cognitivo, %	14.29	5.71	0.056*
Nivel socioeconómico			0.014*
Bajo, %	61.90	42.86	
Medio, %	28.57	26.29	
Alto, %	9.52	30.86	
Trabaja, %	14.29	27.43	0.077
Comorbilidad, %	64.29	43.43	0.015*
Hipertensión, %	52.38	38.51	0.101
Diabetes tipo II, %	26.19	17.71	0.212
Osteoporosis/Osteopenia, %	16.67	16	0.916
EPOC, %	4.76	6.29	0.709
Tubo digestivo, %	16.67	6.29	0.028*
Polifarmacia, %	54.76	27.43	0.001*
Tabaquismo, %	47.62	35.43	0.142
Alcohol, %	21.43	38.86	0.034*

**Abreviaturas:** IMC= índice de masa corporal; Cir.Cin= circunferencia de cintura; MLG= masa libre de grasa; MG= masa grasa; IMLG= índice de masa libre de grasa; IMG= índice de masa grasa; NAF= nivel de actividad física; EPOC= enfermedad obstructiva crónica. Valor de p a partir de una prueba t para muestras independientes o de una prueba de chi<sup>2</sup> dependiendo del tipo de variable.

Bajo desempeño físico ≤6 puntos en la SPPB; desempeño físico normal >6puntos en la SPPB.

\*p≤0.05. Variables continuas (media ± DE) y categóricas (porcentaje).