

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Relación entre masa muscular / masa grasa (índice muscular graso) y riesgo cardiometabólico en adultos de 20 a 60 años aparentemente sanos de la ciudad de Bogotá D.C

Ángela Patricia Riscanevo Peñaloza

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Departamento de Movimiento Corporal Humano
Bogotá, Colombia

2020

Relación entre masa muscular / masa grasa (índice muscular graso) y riesgo cardiometabólico en adultos de 20 a 60 años aparentemente sanos de la ciudad de Bogotá D.C

Ángela Patricia Riscanevo Peñaloza

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física

Director (a):

Msc Mary Luz Ocampo Plazas

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina, Departamento de Movimiento Corporal Humano

Bogotá, Colombia

2020

*A mis padres, Pedro Riscanevo Portilla y
Mireya Peñaloza (q.e.p.d).*

Agradecimientos

Agradecimiento principalmente a Dios por darme la sabiduría y resiliencia para poder desarrollar esta investigación como un paso más en mi vida profesional.

A mi padre, Pedro Riscanevo por siempre motivarme a alcanzar nuevas metas, por apoyarme incondicionalmente, por ser el dueño de todos y cada uno de mis triunfos.

Un agradecimiento a la profesora Mary Luz Ocampo, a mis compañeras fisioterapeutas Laura Sánchez y Marly Villarreal, y al Médico del Deporte Juan Guillermo Zúñiga por creer en este proyecto y ayudarme a materializarlo.

Adicionalmente un agradecimiento al área de Nutrición del Centro de Ciencias del Deporte (Ministerio del Deporte) especialmente a las Nutricionistas Paola Hoyos y Patricia Chitiva, por el arduo apoyo en la fase de ejecución del proyecto de investigación.

Gracias.

Resumen

Introducción: Las enfermedades no transmisibles (ENT) son la causa del 71% de las muertes prematuras en el mundo, del 87% de muertes del continente americano y del 75% en Colombia (OMS, 2018). Dentro de los múltiples factores de riesgo, la masa grasa se ha relacionado fuertemente como desencadenante de estas enfermedades. Sin embargo, paulatinamente se ha conocido la importancia que tiene el contenido de masa muscular como factor que influye en el riesgo cardiometabólico. Actualmente, los profesionales implicados en la evaluación de la composición corporal, usan índices para examinar distintas relaciones, pero hasta el momento, no existe un estándar antropométrico que dé respuestas a la relación entre masa muscular (MM), masa grasa (MG) corporal y riesgo cardiometabólico. **Objetivo:** Establecer un índice (cociente) entre la MM y MG corporal como indicador de riesgo cardiometabólico en población adulta de 20 a 60 años aparentemente sana ubicada en la ciudad de Bogotá. **Metodología:** Estudio descriptivo de corte transversal que involucra adultos de 20 a 60 años, a quienes se evalúa antropometría (5 componentes) siguiendo los lineamientos ISAK II, y química sanguínea (Hemoglobina glicosilada, colesterol total, HDL, LDL y triglicéridos) usando pruebas enzimáticas colorimétricas y la tecnología ROCHE Cobas 8000. **Resultados:** Hasta donde sabemos, este es el primer estudio que investiga la relación entre MM, MG y riesgo cardiometabólico en adultos, y proporciona un rango de relación MM / MG medido a través del IMG en población de 20 a 60 años. Nuestros hallazgos muestran que el IMG tiene una correlación positiva estadísticamente significativa con colesterol HDL ($r=0.01$, $P < 0,05$) y triglicéridos ($r=0.04$, $P < 0,05$) y una correlación negativa estadísticamente significativa entre Colesterol total y HDL ($r=-0.03$, $P < 0,05$). Esto da a entender que los participantes con mayor IMG tienen menor riesgo de alteraciones en Colesterol HDL y colesterol total. Adicionalmente, valores de IMG de 0.61 a 2.51, es decir, un individuo por cada kg de MG que tenga mínimo 0.61 hasta 2.51 kg de MM tiene menor riesgo cardiometabólico con valores de colesterol HDL y total en niveles normales. **Conclusión:** El IMG al permitir una relación conjunta entre MM, MG corporal es una herramienta antropométrica que permite

detectar riesgo cardiometabólico al ser capaz de discriminar valores alterados de colesterol HDL y total, conocidos factores de riesgo para ENT.

Palabras clave: masa muscular, masa grasa, riesgo cardiovascular, índice

Abstract

Introduction: Chronic non-communicable diseases (NCDs) are the main cause of disease and premature death, they are the cause of 71% of the deaths that occur in the world, 87% of deaths in the Americas and 75% in Colombia (OMS, 2018). Among the multiple risk factors, body fat has been strongly related as a trigger for these diseases. However, the importance of muscle mass content as a factor that influences cardiometabolic risk has gradually been known. Currently, health professionals involved in the evaluation of body composition, use indices to examine different relationships, but so far, there is no anthropometric standard that answers about the relationship between muscle mass (MM), body fat mass (FM) and cardiometabolic risk. **Objective:** To establish an index (quotient) between MM and FM, FMI (fatty muscle index), as an indicator of cardiometabolic health in an apparently healthy adult population of 20 to 60 years located in the city of Bogotá. **Methodology:** Descriptive cross-sectional study involving adults between the ages of 20 and 60, who were evaluated in anthropometry (5 components) following the guidelines of ISAK II, and blood chemistry (Glycated Hemoglobin, total cholesterol, HDL, LDL and triglycerides) using colorimetric enzymatic tests and the ROCHE Cobas 8000 technology equipment. **Results:** To our knowledge, this is the first study investigating the relationship between MM, MG and cardiometabolic risk in adults, and provides a range of relationship MM / MG measured by the FMI in population aged 20 to 60 years. Our findings show that the FMI has a statistically significant positive correlation with HDL cholesterol ($r = 0.01$, $P < 0.05$) and triglycerides ($r = 0.04$, $P < 0.05$) and a statistically significant negative correlation between total cholesterol and HDL ($r = -0.03$, $P < 0.05$). This implies that participants with a higher FMI have a lower risk of alterations in HDL cholesterol and total cholesterol. Additionally, FMI values of 0.61 to 2.51, i.e. an individual for every kg of FM who has a minimum of 0.61 kg up to 2.51 kg of MM, have a lower cardiometabolic risk with HDL cholesterol and total levels within normal. **Conclusion:** IMF by allowing a relationship

between MM, body MG is an anthropometric tool that allows cardiometabolic risk to be detected by being able to discriminate altered values of HDL cholesterol and total cholesterol, known risk factors for NCDs.

Keywords: muscle mass, body fat mass, cardimetabolic risk, index

Contenido

	Pág.
1. Planteamiento del problema	3
2. Justificación.....	7
3. Marco teórico	11
4. Objetivos.....	17
4.1 Objetivo general	17
4.2 Objetivos específicos	17
5. Materiales y métodos	18
5.1 Tipo y diseño de estudio	18
5.2 Población y muestra.....	18
5.3 Variables de medición.....	19
5.4 Consideraciones éticas.....	20
5.5 Procedimientos del estudio.....	21
6. Análisis estadístico	27
7. Resultados	28
7.1 Caracterización de los participantes.....	28
7.2 Correlación de variables	32
7.3 Comportamiento estadístico del IMG por grupos separados.....	33
7.4 Nivel de relación del IMG respecto al género, al colesterol total, HDL y LDL	45
8. Discusión.....	47
9. Conclusiones	56
10. Consideraciones.....	57

Lista de Ilustraciones

	Pág.
Ilustración 5-1. Valoración Antropométrica	24
Ilustración 5-2. Valoración Bioquímica	25
Ilustración 7-1. Relación IMG vs sexo	34
Ilustración 7-2. Relación IMG vs edad.....	36
Ilustración 7-3. Relación IMG vs rangos etarios	36
Ilustración 7-4. Relación IMG vs colesterol HDL.....	38
Ilustración 7-5. Relación IMG vs colesterol LDL	40
Ilustración 7-6. Relación IMG vs triglicéridos	41
Ilustración 7-7. Relación IMG vs colesterol total	43
Ilustración 7-8. Relación IMG vs hemoglobina glicosilada.....	44
Ilustración 7-9. Modelo estimado.....	45

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 5-1. Estratificación de resultados bioquímicos	25
Tabla 7-1. Caracterización de edad de la muestra poblacional	28
Tabla 7-2. Caracterización de variables antropométricas de la muestra poblacional	29
Tabla 7-3. Caracterización de variables bioquímicas de la muestra poblacional	31
Tabla 7-4. Correlación del IMG con Perfil lipídico y Hemoglobina glicosilada.....	32
Tabla 7-5. Relación IMG vs sexo	33
Tabla 7-6. Relación IMG vs edad.....	35
Tabla 7-7. Relación IMG vs colesterol HDL.....	38
Tabla 7-8. Relación IMG vs colesterol LDL	39
Tabla 7-9. Relación IMG vs triglicéridos	41
Tabla 7-10. Relación IMG vs colesterol total	42
Tabla 7-11. Relación IMG vs hemoglobina glicosilada.....	44
Tabla 7-12. Regresión mixta	45

Introducción

Las enfermedades no transmisibles (ENT) son la causa principal de morbilidad y mortalidad prematura y evitable, son la causa de muerte de 41 millones de personas cada año a nivel mundial (OMS, 2019). En América causan el 87% de las muertes y para Colombia tal condición no es diferente en virtud de que el perfil de morbimortalidad evidencia un predominio de ENT, pues son la causa del 75% de las muertes, siendo las enfermedades cardiovasculares y la diabetes las causantes del 33% de defunciones (OMS, 2018). Dentro de los múltiples factores de riesgo, el contenido de grasa corporal, se ha relacionado fuertemente como desencadenante de estas enfermedades. Sin embargo, se ha identificado la masa muscular como factor que influye en el riesgo cardiometabólico dado que es un tejido metabólicamente activo, capaz de liberar proteínas capaces de interferir en el metabolismo.

Actualmente, en la evaluación de la composición corporal se usan índices para examinar distintas relaciones, la mayoría de estos índices se enfocan en el campo deportivo, usados para establecer ventajas antropométricas competitivas (índices de extremidades, de desarrollo osteomuscular, del desarrollo de la masa muscular e índices del tronco), y en la evaluación de la composición corporal relacionada a salud se cuenta con el índice de masa corporal (IMC), el índice cintura talla (ICT), el índice cintura cadera (ICC), el cociente cintura/muslo y sólo se tienen referencias respecto a valores de masa grasa (MG), y la idea de que es favorable un contenido de masa muscular (MM) mayor frente a la MG, razón por la cual siempre se realiza un análisis por separado, por la carencia de estándares.

Luego de una búsqueda minuciosa no se ubicaron referencias que dieran cuenta de la existencia de un estándar antropométrico con bajo error porcentual y alta correlación que responda a la relación conjunta entre MM, MG corporal y salud cardiometabólica. En este sentido, la presente investigación de tipo descriptivo correlacional con corte transversal busca establecer el grado de correlación que existe entre variables antropométricas y marcadores de riesgo cardiometabólico como el perfil lipídico y la hemoglobina glicosilada,

por medio de un índice muscular graso IMG (cociente entre masa muscular y grasa) que pueda ser utilizado como un indicador sencillo e individualizado que permita detectar riesgo de alteraciones metabólicas en personas no deportistas y que sea predictor de morbimortalidad por ENT en esta población.

1. Planteamiento del problema

Las ENT son la principal causa de muerte y discapacidad en el mundo generando consecuencias para la salud que implican tratamientos y cuidados a largo plazo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019) las ENT ocasionan la muerte prematura de 41 millones de personas anualmente, lo que equivale al 71% de las muertes mundiales, incluso, cada año mueren por ENT 15 millones de personas menores de 69 años; y más del 85% de estas muertes ocurre en países de ingresos bajos y medios, lo que genera una pesada carga social y económica. En América las ENT causan 5,5 millones de muertes al año, el 87% de todas las muertes de la región y de ese total, 38,9% son muertes prematuras en menores de 70 años. Para Colombia, el cáncer, las enfermedades cardiovasculares y metabólicas como la diabetes aparecen en los primeros lugares de prevalencia en los estudios de carga de enfermedad desde 1995, razón por la cual sus factores de riesgo siguen siendo objetivo en salud pública. En Colombia según la OMS (OMS, 2018) las ENT son la causa del 75% de las muertes, siendo la enfermedad cardiovascular y la diabetes las causantes del 33% de defunciones. Actualmente esta condición no ha cambiado y la tendencia es al aumento.

Dentro de los múltiples factores de riesgo, el contenido de MG se ha relacionado fuertemente como desencadenante de ENT. Sin embargo, paulatinamente se ha destacado la importancia de la MM como factor que influye en el riesgo cardiometabólico. El músculo cumple funciones metabólicas, termogénicas, posturales, de protección de órganos y movimiento, incluso, las últimas investigaciones han podido establecer su relación con salud cardiometabólica dada su capacidad de producir y liberar mioquinas, proteínas conocidas como citoquinas con efectos autocrinos, paracrinos o endocrinos.

Actualmente en el análisis de la composición corporal no existen estándares de referencia de MM para adultos, o bien, un rango probable mínimo o máximo en el cual se considere

que la MM en el cuerpo es deficiente o esté aumentada y no sea saludable, sólo se tiene la idea de que es deseable que su cantidad sea mayor respecto a la MG. Los profesionales de la salud cuyo campo de estudio abarca la evaluación de la composición corporal, usan índices para examinar distintas relaciones, la mayoría de estos índices se enfocan en la proporcionalidad en el deporte para establecer ventajas antropométricas competitivas como los índices de extremidades (índice braquial IBB, longitud relativa de la extremidad superior -LRES- e inferior -LREI-), índices de desarrollo osteomuscular como el índice de sustancia activa (IAKS), índices de desarrollo de la masa muscular con relación a la masa ósea como el índice músculo óseo (IMO) e índices del tronco (índice córmico, índice esquelético, índice biacromial biiliocrestilico y envergadura relativa -ER-); sin embargo, en cuanto a salud, sólo se cuenta con el IMC, el ICT, el ICC, el cociente cintura/muslo y sólo se tienen referencias de valores de MG, y la idea de que es favorable un contenido de MM mayor frente a un contenido de grasa menor, razón por la cual siempre se realiza el análisis de la MG por separado de la MM, por la carencia de estándares. Sumado a esto, las determinaciones de la composición corporal en el día a día se realizan haciendo uso de métodos como el modelo de 2 y 4 componentes, y la bioimpedanciometría que pueden incurrir en errores de sub o sobre estimación si no se controlan previamente otros factores.

Actualmente se cuenta con el método de 5 componentes propuesto por Kerr en 1998, un método para determinar la composición corporal con bajo error porcentual: $\pm 4\%$ y coeficiente de correlación alto ($r = 0,987$, hombres $r = 0,98$; mujeres $= 0,94$), este método es usado en deporte junto con los índices de adiposidad relacionados indirectamente con la suma de pliegues e índices adiposo-musculares calculados según perímetros y pliegues cutáneos que permiten determinar áreas musculares y grasas; sin embargo, todo esto se realiza con el fin de mejorar composición corporal asociada a rendimiento y no a salud.

Bajo este panorama surge la pregunta: *¿Cuál es el índice antropométrico entre la masa muscular (MM) y la masa grasa (MG) que se asocia con factores de riesgo cardiometabólico como perfil lipídico y hemoglobina glicosilada en adultos entre 20 a 60 años potencialmente sanos ubicados en la ciudad de Bogotá?*, esto con el objetivo de describir la relación entre MM, MG y riesgo, brindando una herramienta para analizar el riesgo cardiometabólico no enfocada a la grasa corporal solamente, de la cual ya se ha

documentado ampliamente su relación, sino que permita construir una base de información que permita en el futuro establecer valores de referencia para masa muscular en población adulta colombiana y su implicación en el riesgo cardiometabólico.

2. Justificación

El riesgo cardiometabólico se asocia con ENT y se caracteriza por la presencia de alteraciones en la bioquímica sanguínea como aumento de la glicemia y del perfil lipídico (colesterol HDL bajo y triglicéridos altos), también con presión arterial alta y obesidad abdominal. La presencia de estas características está ligada con el aumento de la morbimortalidad, lo que la convierte en un problema de salud pública. En los últimos años, los estudios se han centrado en la hipótesis de que una MM corporal disminuida se asocia con riesgo cardiometabólico debido a que la MM representa el tejido corporal más activo del organismo.

La MM cumple funciones que no se relacionan únicamente con la generación de movimiento sino con funciones metabólicas asociadas a síntesis de miocinas como la interleucina 6 (IL-6), la interleucina 15 (IL-15), el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF), el factor de crecimiento fibroblástico 21 (FGF-21) y el ácido beta-aminoisobutírico (BAIBA) que favorecen la hidrólisis de triglicéridos en el tejido adiposo y una mayor captación de ácidos grasos por parte del músculo, lo que a su vez genera una reducción del tamaño de los adipocitos, especialmente los viscerales, disminuyendo así el riesgo de alteraciones del metabolismo de los lípidos y por ende, riesgo de enfermedades cardiometabólicas; adicionalmente, el músculo también se asocia con la utilización de carbohidratos que junto con algunas miocinas (IL-6, factor inhibidor de la leucemia -LIF-, IL-15, FGF- 21, proteína osteonectina -SPARC-) favorecen la expresión del transportador GLUT4 en el músculo, lo que reduce las concentraciones plasmáticas de glucosa (León-ariza et al., 2018) lo que puede contribuir a disminuir el riesgo de ENT como la DM tipo II.

Los últimos estudios centrados en el papel de la MM en el metabolismo han llegado a confirmar que, al disminuir la MM, existe mayor riesgo de desarrollar ENT incluso cuando se tiene un IMC normal o bajo (OR de 3,6 IC del 95%, 1.48-8.76; P <0.001) tanto en hombres como en mujeres. También han demostrado que la masa libre de grasa (MLG)

es un fuerte predictor del desarrollo de patologías óseas y alteraciones del perfil lipídico en adultos jóvenes con IMC saludables (Casale et al., 2016; Eikelis et al., 2017; B. C. Kim et al., 2015).

En algunos estudios se ha explorado las relaciones y consecuencias en salud de una baja MM corporal a través del término sarcopenia, definida como la masa del músculo esquelético apendicular (%) que es <1 desviación estándar (DE) por debajo de la media específica del sexo para adultos jóvenes, y usando puntos de corte de 30.8% para hombres y 24.3% para mujeres. Estos estudios han referenciado una fuerte relación entre obesidad sarcopénica (disminución de MM y aumento de MG) y prevalencia de ENT, y una relación entre sarcopenia y fenotipo metabólico no saludable definido por presencia de dos o más alteraciones en la bioquímica sanguínea, estados inflamatorios, presión arterial alta u obesidad abdominal (Hwang et al., 2017; Poggiogalle et al., 2016). En esta misma línea se referencia una relación estadísticamente significativa entre sarcopenia asociada tanto a disminución de masa y fuerza muscular, como obesidad sarcopénica con desarrollo de ENT en adultos (Lee et al., 2016). Además, se referencian alteraciones de la bioquímica sanguínea en aquellos individuos con una MM corporal baja que predisponen a riesgo cardiovascular (Erskine et al., 2017; T. N. Kim et al., 2016).

Ahora bien, si se examina la relación entre pérdida muscular (sarcopenia), aumento de MG (obesidad) y ENT, los estudios referencian que la disminución de la MM definida como sarcopenia y la obesidad analizadas de forma independiente, se asocian con riesgo de multimorbilidad incluso en individuos jóvenes y cuando estas dos condiciones se combinan, la obesidad sarcopénica (menor componente de MM y mayor de MG) presenta un mayor riesgo (An & Kim, 2016; He et al., 2016; Kuriyan et al., 2016; Stefanaki et al., 2016). Así mismo, se ha referenciado que el fitness muscular (fuerza, resistencia y potencia de la MM) y la masa libre de grasa (MLG) se asocian con índices de riesgo cardiometabólico como alteraciones en la CC, colesterol total, LDL-c, triglicéridos, HDL-c, presión arterial, glucosa, hemoglobina glicosilada, producción de HMB y densidad ósea (Mainous et al., 2016; Ramírez-Vélez et al., 2016; Vaziri et al., 2015).

Ya es conocido con suficiencia la relación entre masa grasa y riesgo cardiometabólico, sin embargo, estos hallazgos presentan un panorama amplio de razones del efecto de la MM a nivel cardiometabólico como factor protector asociado con niveles menores de riesgo de ENT, por lo que se hace necesario acercarnos a la relación conjunta que hay entre masa muscular, masa grasa y riesgo cardiometabólico. Sin embargo, para los profesionales de la salud implicados en la evaluación de la composición corporal, sólo se encuentra información aislada sobre cantidad de MG asociada a enfermedad, pérdida de MM a medida que se envejece, pero no referencian valores o rangos numéricos que pueda extrapolarse a población general y sirvan de guía en los procesos de cuidado y evaluación de la composición corporal, además de que en la actualidad no existe un indicador antropométrico veraz que clarifique la relación entre MM, MG y riesgo cardiometabólico, sólo se cuenta con referencias aisladas de MG corporal y MM. Por lo tanto, con la obtención de los valores de MM y MG por medio de la evaluación antropométrica por 5 componentes, se pretende generar un índice que relacione estos dos tejidos y se asocie a riesgo cardiometabólico, valorando de una manera integrada parámetros de la composición corporal en población no deportista y no enfocado a la MG solamente.

3. Marco teórico

El incremento de la MG ha mantenido un creciente interés por su relación con los desórdenes cardiometabólicos, razón por la cual los estudios sobre la composición corporal se han centrado principalmente en la estimación de la grasa corporal. Un exceso de MG corporal se ha asociado con estados pro-inflamatorios crónicos, principal factor de riesgo para el desarrollo de ENT debido al aumento en la producción de citoquinas como las adipocinas. Sin embargo, existe interés en la masa muscular debido a su relación con numerosos aspectos de la salud humana, por ejemplo, la reserva de proteínas del cuerpo (Hébuterne et al., 2001), las capacidades funcionales y la regulación térmica (Anderson, 1999). Según una revisión reciente, en las últimas décadas, se ha generado evidencia científica relacionada con los efectos nocivos sobre la salud causados por la pérdida de masa muscular (Marcell, 2003), fenómeno observado con el envejecimiento, y reforzado por los estilos de vida sedentarios.

Existe una interrelación compleja y fuerte entre el músculo esquelético y el tejido adiposo, lo que sugiere que las citocinas derivadas de ambos tejidos pueden tener un papel importante como moduladores de ciertas funciones celulares que alteran otros aspectos de la salud, incluido un posible papel en el control del peso corporal (Argilés et al., 2005; Pedersen et al., 2007). Esto nos da a entender que no hace falta modificar únicamente el peso corporal, es necesario también aumentar la MM, dando a entender que existe una relación benéfica asociada a este tejido. En términos generales, una reducción de la calidad y cantidad de MM esquelética es también un factor de riesgo en el desarrollo de ENT, ya que se sabe que el músculo esquelético genera respuestas hipoglucemiantes, antioxidantes y produce citoquinas musculares como la interleucina 6, la mionectina y la musculina con acción tanto endocrina como autoparacrina (León-ariza et al., 2018).

Basicamente la MG es sólo parte del problema ya que la pérdida de MM es otro componente que llama cada vez más la atención como factor desencadenante de estas enfermedades (Benton et al., 2011; Volaklis et al., 2015), ya que con el paso de los años inherentemente se presenta un incremento en el depósito de MG y una pérdida de MM, con o sin cambios en el peso corporal (individuos con obesidad sarcopénica o eutróficos sarcopénicos) en una gran cantidad de la población adulta. Watanabe y cols (Watanabe et al., 2016) determinaron que a mayor edad se pierden las propiedades de activación o reclutamiento de la actividad motora muscular; así mismo, Gerstner y cols (Gerstner et al., 2017) reportaron la disminución de la calidad, arquitectura y activación de la MM con el paso de los años.

En consonancia, Arvandi y cols (Arvandi et al., 2016) identificaron que la disminución de la función muscular que ocurre con el envejecimiento se relaciona con el deterioro de las funciones físicas y una mayor mortalidad; en su estudio referencian que la disminución de la fuerza muscular en mano se asocia de forma significativamente alta con la mortalidad en adultos, siendo una asociación independiente de edad, estado nutricional, consumo de medicamentos, ENT existentes y nivel de actividad física. Por consiguiente, concluyeron que es vital mejorar los niveles de fuerza muscular y de MM para disminuir el riesgo de muerte a temprana edad.

En concordancia Kim G (G. Kim et al., 2018) expone que un aumento en la masa relativa del músculo esquelético con el tiempo tiene un efecto preventivo sobre el desarrollo de ENT, independientemente de la MM basal e independiente de cualquier parámetro glucometabólico. Adicionalmente, Peterson y cols (Peterson et al., 2017) en su estudio incluyeron 4.544 adultos de mediana y mayor edad de los EE.UU. (2011 a 2014) y 6.030 participantes de China. Analizaron los resultados de fuerza muscular por dinamometría manual para evaluar la asociación entre valores bajos de fuerza de agarre y diabetes, hiperglicemia, hipertrigliceridemia, colesterol HDL bajo, hipertensión y discapacidad física. Y concluyeron que la fuerza muscular relacionada con la MM funciona como biomarcador de enfermedad cardiometabólica y discapacidad física, convirtiéndose en predictor del desarrollo de desórdenes metabólicos. En la misma línea, Hong S (Hong et al., 2017) encontró que la MM se asocia negativamente con el desarrollo de diabetes tipo 2 en una muestra de 113,913 hombres y 89,854 mujeres coreanos jóvenes y de mediana edad.

A la luz de todas estas investigaciones, algunos autores han examinado los parámetros bioquímicos como predictores del riesgo cardiometabólico, como los índices de resistencia a la insulina, los niveles de proteína C reactiva de alta sensibilidad, niveles de leptina en suero, la razón apolipoproteína B / apolipoproteína A1, y el recuento de glóbulos blancos (Galletti et al., 2007; Gobato et al., 2014; D. J. Kim et al., 2008; Voils & Cooper-Dehoff, 2014; Zhong et al., 2010). Sin embargo, estos indicadores involucran pruebas invasivas y son costosas, es así como los investigadores han comenzado a explorar la capacidad predictiva de los indicadores antropométricos y la composición corporal para la identificación del riesgo cardiometabólico.

Por otro lado, para establecer los valores de MM y MG se requiere de una valoración de la composición corporal. Dos de los métodos más usados fueron la división de componentes propuesta por Matiegka (1921) y la ecuación de Martin y cols (1990) que evalúa la circunferencia media del brazo para conocer reservas de MG y MM por medio de tablas de referencia propuestas por Frisancho (Frisancho, 1981, 1984) definidas en poblaciones europeas o estadounidenses quienes presentan una mezcla genética diferente a la del colombiano.

La literatura describe ampliamente valores de referencia de MG pero es escasa la información que incluye referencias respecto a valores de MM, sólo existe información sobre miembros superiores. Este vacío de información para el análisis de personas adultas no deportistas, no permite que se contemple al cuerpo como una totalidad, por lo que se tiene una información segmentada, lo que sesga los resultados obtenidos de analizar el decrecimiento de la MM que se da con el paso de la edad adulta a la vejez (Charlier et al., 2016; Zeng et al., 2016).

Por el contrario, para el análisis de deportistas si existen estándares de referencia de MM propuestos en 1998 por Mazza JC y cols, incluso, usan índices enfocados a determinar proporcionalidad y establecer ventajas antropométricas competitivas como los índices de extremidades (índice braquial IBB, longitud relativa de la extremidad superior e inferior LRES y LREI), de desarrollo osteomuscular (índice de sustancia activa IAKS), de desarrollo de la MM con relación a la masa ósea (índice músculo óseo IMO), del tronco (índice córmico, índice esquelético, índice biacromial biliocrestilico, envergadura relativa ER) y de adiposidad con el fin de mejorar la composición corporal asociada al rendimiento deportivo; sin embargo, esta clase de índices no existe en el campo de la salud y son necesarios en el contexto de prevención de las ENT, ya que el IMC, ICT, ICC y el cociente cintura/muslo, que han sido ampliamente usados

en salud, sólo permiten una medida absoluta de la composición corporal, no contemplando las cantidades relativas de MM o MG, convirtiéndose en un criterio de medida no objetivo.

Entre las diferentes medidas antropométricas, la mayoría de los estudios se han centrado en el índice de masa corporal (IMC), que se ha utilizado para evaluar la grasa corporal durante casi 200 años debido a su asociación con la morbilidad y la mortalidad (Schmidt et al., 2013). Sin embargo, aunque su uso sea ampliamente aceptado y fácilmente aplicable, tiene limitaciones. El IMC depende solo de la altura y el peso, no distingue entre la distribución del tejido adiposo y la masa muscular, y no revela la distribución de la grasa corporal (Nevill et al., 2006), razón por la cual, centrarse solamente en el IMC en relación con la mortalidad ha llevado a conclusiones contradictorias (De Gonzalez et al., 2010; Flegal et al., 2015). En consonancia el ICT se ha considerado como la mejor herramienta de detección para la detección de factores de riesgo cardiometabólico (Cai et al., 2013), algunos estudios han propuesto la circunferencia de la cintura o el ICT como los mejores parámetros antropométricos para predecir riesgo metabólico (Ding et al., 2007; Joon Cho et al., 2008), mientras que otros han abogado por su uso combinado (Lao et al., 2006, 2012). Aunque el IMC, el ICT, el ICC y la circunferencia de cintura son parámetros antropométricos simples y convenientes para los estudios epidemiológicos, su validez en la medición de la adiposidad se ha cuestionado porque no pueden diferenciar entre la grasa y la masa magra (Müller et al., 2012). Varios estudios examinaron la circunferencia de la cintura, el ICT y el ICC por separado en relación con la morbilidad y la mortalidad (Ashwell et al., 2014; Hu, 2007; Srikanthan et al., 2009), encontraron que la circunferencia de cintura es sensible únicamente a la altura, el ICT es indiferente al peso corporal y la distribución de grasa, y en el caso del ICC, una circunferencia de cadera desproporcionadamente grande puede ocultar un exceso de tejido graso a nivel abdominal (World Health Organisation (WHO), 2008).

Tres estudios previos han evaluado la composición corporal reconociendo la importancia de la relación entre la MG y la MM en la carga de morbimortalidad por ENT; Ramírez-Vélez, Xu K y Chen Y-Y (Chen et al., 2019; Ramírez-Vélez et al., 2018; XU et al., 2018) se centraron en la cuantificación de la MG y MM, y plantearon la relación grasa-músculo y sus puntos de corte como indicador antropométrico y herramienta de detección para el síndrome metabólico, sin embargo, la cuantificación de la composición corporal la realizaron por bioimpedanciometría, un método cuya precisión puede verse afectada por múltiples y diferentes situaciones como la posición del

cuerpo, la hidratación, la ingestión de comida y bebidas, el aire ambiente, la temperatura de la piel, la actividad física reciente y la conductancia del lugar donde se realiza.

Respecto a esto, los instrumentos de bioimpedancia mano-mano, pie-pie y mano-pie (diferentes tipos de analizadores) se han validado en individuos japoneses de 18 a 27 años, en comparación con la hidrodensitometría como método de referencia, se han referenciado sobreestimaciones del 2,2 al 3,3% de grasa corporal y por ende variaciones en la masa libre de grasa MLG y el agua corporal total ACT (Demura et al., 2002). Todo esto también debido a que la precisión de los cálculos puede verse afectada por variaciones en la posición de los electrodos, las especificaciones de la máquina y de los diferentes algoritmos o ecuaciones de cálculo suministrados por cada fabricante que son ecuaciones de predicción no validadas (Alvero-Cruz, 2011).

Actualmente existe el método de evaluación de la composición corporal por 5 componentes (piel, tejido óseo, tejido adiposo, tejido muscular y tejido residual) propuesto por Debora Kerr (1988), este método tiene una reducción significativa de los errores de subestimaciones y sobrestimaciones de los métodos anteriores, pues entre peso predictivo vs. peso de báscula sólo existe un error porcentual +/- 4 %, un coeficiente de correlación: $r = 0,987$, varones $r = 0,98$; mujeres = 0,94 y un error de estimación estándar (SEE): < a 3 kg de peso; lo que demuestra que el modelo antropométrico de 5 componentes así sea indirecto, tiene mejores criterios de validez, confiabilidad y precisión para el cálculo del peso corporal predictivo y su capacidad para inferir los kg y % de las 5 masas. Adicionalmente, la antropometría por 5 componentes no presenta las limitantes metodológicas de las determinaciones realizadas tomando como base el porcentaje de grasa, cuyas ecuaciones son de regresión lineal, específicamente diseñadas con el objeto de estimar el porcentaje de grasa de un grupo específico de atletas (Montreal Olympic Games Anthropological Project - MOGAP), (Carter, et al., 1982).

En cuanto a los parámetros bioquímicos, se han establecido valores guía capaces de estratificar riesgo cardiometabólico, tal es el caso de las guías de tratamiento para disminuir los lípidos y el riesgo de enfermedad coronaria (EC) diseñadas por el Programa Nacional de Educación sobre el Colesterol (NCEP – siglas en inglés) y el Panel de tratamiento para adultos III (ATP-III siglas en inglés) que se centran en una atención a la prevención primaria a través del empleo de las puntuaciones obtenidas en las tablas de Framingham, para definir el riesgo de aquellas personas

con múltiples factores de riesgo lipídicos y no lipídicos como la concentración de glucosa en ayunas y factores asociados al síndrome metabólico (Rubio et al., 2004). En esa misma línea la Asociación Americana de Diabetes (ADA – siglas en inglés) con un comité de expertos que incluyó personal de la Asociación europea para el estudio de la diabetes (EASD – siglas en inglés) y de la Federación Internacional de Diabetes (IDF – siglas en inglés) recomienda incluir la hemoglobina glicosilada (HbA1C) como prueba con valor diagnóstico para la diabetes y no sólo la glucosa en ayunas, al ser capaz de identificar un 20 a 30% más de casos sin diagnosticar por el uso de la glucosa en ayunas (Barquilla García et al., 2010). Los dos estudios previos que han evaluado la relación entre la MG y la MM en la carga de morbilidad por ENT; Ramírez-Vélez y Xu K (Ramírez-Vélez et al., 2018; XU et al., 2018) evaluaron riesgo cardiometabólico por medio de la identificación de componentes del síndrome metabólico, en este sentido cuantificaron glucosa en sangre en ayunas y perfil lipídico usando colesterol total, triglicéridos, colesterol LDL y colesterol HDL. En nuestro se evaluó la hemoglobina glicosilada considerando las recomendaciones de la ADA y las ventajas en identificación de casos de alteración de glucosa.

De conformidad con lo presentado, este trabajo busca establecer el grado de correlación que existe entre las variables antropométricas MM y MG, y marcadores de riesgo cardiometabólico como el perfil lipídico y la hemoglobina glicosilada, por medio de un índice muscular graso IMG (cociente entre masa muscular y grasa) que pueda ser utilizado como un indicador sencillo e individualizado que permita detectar riesgo de alteraciones metabólicas en personas no deportistas y que sea predictor de morbilidad por ENT en esta población.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Establecer un índice antropométrico entre la masa muscular (MM) y la masa grasa (MG) corporal como indicador de riesgo cardiometabólico en un grupo de adultos de 20 a 60 años aparentemente sanos ubicada en la ciudad de Bogotá.

4.2 Objetivos específicos

- Establecer un indicador de aplicación individualizada para determinar riesgo cardiometabólico, usando valores de MM y MG obtenidos a partir de antropometría de 5 componentes.
- Correlacionar los valores de MM y MG relacionados con riesgo cardiometabólico medida por perfil lipídico (colesterol total, HDL, LDL, triglicéridos) y hemoglobina glicosilada en esta población.
- Generar una línea de base que brinde información de referencia para la clasificación de riesgo cardio-metabólico en adultos con condiciones similares en la ciudad de Bogotá.

5. Materiales y métodos

5.1 Tipo y diseño de estudio

Este fue un estudio descriptivo de corte transversal que busca identificar un índice (cociente) entre la masa muscular (MM) y la masa grasa (MG) corporal como indicador de salud cardiometabólica a través de algunos parámetros bioquímicos de riesgo cardiovascular y cardiometabólico (Hemoglobina glicosilada y perfil lipídico sanguíneo: triglicéridos, colesterol total, HDL y LDL) en población adulta de 20 a 60 años.

5.2 Población y muestra

La población universo corresponde a adultos en el rango de edad de 20 a 60 años administrativos, estudiantes y docentes pertenecientes a la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, aparentemente sanos, que de manera voluntaria aceptaron su participación en el estudio. En total 85 personas cumplieron con los criterios de inclusión del estudio.

Criterios de inclusión

- Hombres y mujeres.
- Edad entre 20 y 60 años.
- Sin condiciones de salud que comprometan facultades mentales y físicas.
- Aceptación voluntaria de participación evidenciada en la firma del consentimiento informado.

Criterios de exclusión

- Estado de embarazo.
- Enfermedad cardiometabólica diagnosticada.
- Estar bajo efecto de algún medicamento que afecte los marcadores de química sanguínea medidos en este estudio.
- Presencia reciente (contando una semana antes al desarrollo de las mediciones) de enfermedades virales o gastrointestinales.

- Incumplimiento del protocolo establecido para la medición de la composición corporal mediante antropometría o de la química sanguínea.

5.3 Variables de medición

CUADRO DE VARIABLES DE ESTUDIO			
TIPO Y CLASE DE VARIABLE	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
Independiente cuantitativa (intervalar) continua	Índice muscular graso (IMG)	Relación entre la masa muscular (M.M.) y masa grasa (M.G.)	Cociente entre la masa corporal que corresponde al músculo entre masa corporal que corresponde a masa grasa. Valores en kg expresados en índice (cociente).
dependiente cuantitativa (intervalar) continua	triglicéridos plasmáticos	Medida de la concentración de triglicéridos libres en plasma.	Por medio de la extracción de 5 ml de sangre corresponde a la concentración de grasa en forma de triglicéridos a nivel sanguíneo. Los resultados pueden ser normal: 0-149 mg/dL; intermedio alto: 150 a 199 mg/dL; alto: 200 a 499 mg/dL y muy alto: 500 mg/dL o superior.
dependiente cuantitativa (intervalar) continua	colesterol total plasmático	Medida de la concentración de colesterol libre en plasma.	Por medio de la extracción de 5 ml de sangre corresponde a la concentración de grasa en forma de triglicéridos a nivel sanguíneo. Los resultados pueden ser: normal 0-199 mg/dL; intermedio alto 200-239mg/dL; alto 240-675.
dependiente cuantitativa (intervalar) continua	colesterol HDL plasmático	Medida de la concentración de colesterol en plasma unido a lipoproteínas de alta densidad.	Por medio de la extracción de 5 ml de sangre corresponde a la concentración de grasa en forma de triglicéridos a nivel sanguíneo. Los resultados pueden ser: normal: 40-60 mg/dL; bajo menor a 40mg/dL; alto mayor a 60 mg/dL.
dependiente cuantitativa (intervalar) continua	colesterol LDL plasmático	Medida de la concentración de colesterol en plasma unido a lipoproteínas de baja densidad.	Por medio de la extracción de 5 ml de sangre corresponde a la concentración de grasa en forma de triglicéridos a nivel sanguíneo. Los resultados pueden ser: normal igual o menos de 100 mg/dL; alto mayor a 100mg/dL.
dependiente cuantitativa (intervalar) continua	hemoglobina glicosilada	Medición de la heteroproteína de la sangre que resulta de la unión de la hemoglobina (Hb) con glúcidos unidos a cadenas carbonadas.	Por medio de la extracción de 5 ml de sangre mide el nivel promedio de glucosa o azúcar en la sangre durante los últimos tres meses. Los resultados pueden ser: no diabético $\leq 5,6$; pre diabético 5,7 – 6,4; diabético $\geq 6,5$.

Adicionalmente se encuentran dentro del análisis variables intervinientes como: Composición corporal (peso, talla, talla sentado; pliegues cutáneos de tríceps, bíceps, subescapular, suprailiaco, supraespinal, abdominal, muslo, pierna; perímetros corporales de cabeza, tórax, cintura, cadera, brazo relajado, brazo contraído, antebrazo, muñeca, muslo superior, muslo medio, pierna; diámetros de húmero, muñeca, fémur, biacromial, bicrestal, tórax transverso y anteroposterior).

5.4 Consideraciones éticas

El presente trabajo fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, según Acta No. 18 del 26 de septiembre de 2019.

Según la Resolución 8430 de 1993 que establece las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, el estudio se clasificó en una *"investigación con riesgo mínimo donde se emplean el registro de datos a través de procedimientos comunes consistentes en exámenes físicos o psicológicos de diagnóstico o tratamientos rutinarios"* (Ministerio de Salud, 1993, p. 3). Se define que, aunque se usen métodos invasivos como extracción de sangre por punción venosa al realizarse en personas con aparente buen estado de salud y con el consentimiento informado debido, este tipo de intervención no puede generar daño alguno a los participantes de la investigación.

5.4.1 Consentimiento informado

Según el artículo 25 de la resolución 8430 de 1993, se obtuvo el consentimiento informado, por parte de los participantes. En el Anexo A se encuentra el documento de consentimiento informado usado en este estudio.

5.4.2 Dispositivos de seguridad y confidencialidad

La información obtenida y difundida en el presente estudio fue considerada y manejada en todo momento como confidencial. Este estudio se desarrolló según las Pautas Éticas Internacionales para la Investigación Biomédica en Seres Humanos del Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (CIOMS - OMS, 2002); y los Principios éticos para las investigaciones médicas en

seres humanos de la Declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 2013) que regula la confidencialidad de los sujetos. En concordancia con esto, se siguen los lineamientos de las Buenas prácticas clínicas consignadas en la Resolución No. 2378 de 2008, en los cuales se regula la confidencialidad de la identidad de los sujetos, los consentimientos informados, los métodos, aval ético y bienestar de los individuos.

5.5 Procedimientos del estudio

A continuación, se presenta la descripción de los procedimientos del estudio para la consecución de los objetivos propuestos.

5.5.1 Convocatoria a los participantes

Se realizó una convocatoria a adultos hombres y mujeres con algún vínculo (administrativo, estudiante y docente) con la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá de la siguiente manera:

- Se realizó una reunión con la dirección de bienestar de la sede y los directores de bienestar de cada facultad para realizar la convocatoria de los docentes y ésta se envió a través de la dirección de bienestar en cada facultad y por correo electrónico.
- Para los estudiantes se emplearon carteles que se situaron en los tableros de información de cada facultad y en ambos mensajes se brindó la información de contacto para que los interesados se comunicaran mediante correo electrónico, llamada, mensaje de texto o mensaje de WhatsApp, posterior a ello se realizaron los contactos.
- Adicionalmente se organizaron tres reuniones presenciales para socialización del proyecto, aclaración de dudas y firma de consentimientos a los interesados en participar.
- Para aquellos que por correo manifestaron dificultades para asistir a las reuniones de socialización, pero manifestaron interés en participar se les gestionó una reunión personalizada en la que incluso se les visitó en su lugar de trabajo (para los empleados) o en su salón (para los estudiantes) con el fin de explicarles las características y objetivos del proyecto y proceder a la firma del consentimiento informado en los interesados.

- En inicio cerca de 300 personas manifestaron su interés de participar, pero cuando se realizaron las citaciones a las sesiones informativas cerca de 100 personas no asistieron, otras en el transcurso del estudio no asistieron a las citaciones para realizar la medición o no cumplieron con los protocolos establecidos para realizar la medición razón por la cual el estudio se terminó con 85 personas que cumplieron con todos los criterios establecidos para el estudio.

5.5.2 Firma del consentimiento informado

Antes de iniciar el estudio, los participantes recibieron información oral y escrita sobre aspectos específicos del proyecto como: justificación y objetivos, riesgos, beneficios de su participación, descripción detallada de los procedimientos a realizar, garantías de ser informados de cualquier asunto relacionado con la investigación y los procedimientos aplicados, la libertad para retirar su consentimiento y dejar de participar en el estudio, confidencialidad sobre la publicación de los resultados y la utilización de los mismos para publicaciones futuras. Los participantes que dieron su consentimiento informado fueron enrolados como voluntarios del estudio, los que cumplieron con los criterios de inclusión fueron citados a la valoración inicial y posteriormente a la valoración cineantropométrica, nutricional y valoración bioquímica. El consentimiento informado usado en este estudio se encuentra en el Anexo A.

5.5.3 Valoración inicial

Se indagó sobre la información de carácter personal de los participantes, antecedentes médicos, personales y familiares para establecer quienes cumplieran con los criterios de inclusión o de exclusión. En el Anexo B se encuentra el formato de valoración inicial usado en este estudio. Una vez confirmado el cumplimiento de los criterios de inclusión, los voluntarios seleccionados iniciaron su participación en el estudio que se dividió en dos momentos, como se describe a continuación.

5.5.4 MOMENTO I Valoración cineantropométrica y nutricional

Se definió como momento I la evaluación de la composición corporal siguiendo los lineamientos de la Sociedad Internacional para la Cineantropometría (ISAK, nivel II) (Stewart et al., 2011). A

través del modelo de fraccionamiento de masas corporales por 5 componentes de Ross y Ker (1991), se midieron las variables de peso (Báscula Tanita ® TB 300 A, Japón, precisión 100 gramos, g), talla (Tallímetro Seca ®, precisión 1 milímetro, mm), pliegues cutáneos: Tríceps, Subescapular, Suprailiaco, Abdominal, Muslo y Pantorrilla (Adipómetro Harpenden ® CE, Inglaterra, precisión 0,1 milímetros, mm), perímetros corporales: cabeza, tórax, cintura, brazo relajado, brazo contraído, antebrazo, muslo superior, muslo medio y pantorrilla (Cinta métrica Rosscraft ® ORC, USA, precisión 1 milímetro, mm) y diámetros óseos: bi-acromial, bi-iliocrestal, tórax transverso, tórax antero posterior, humeral y femoral (Antropómetros Rosscraft®, Campbell caliper, USA, precisión 1 milímetro, mm).

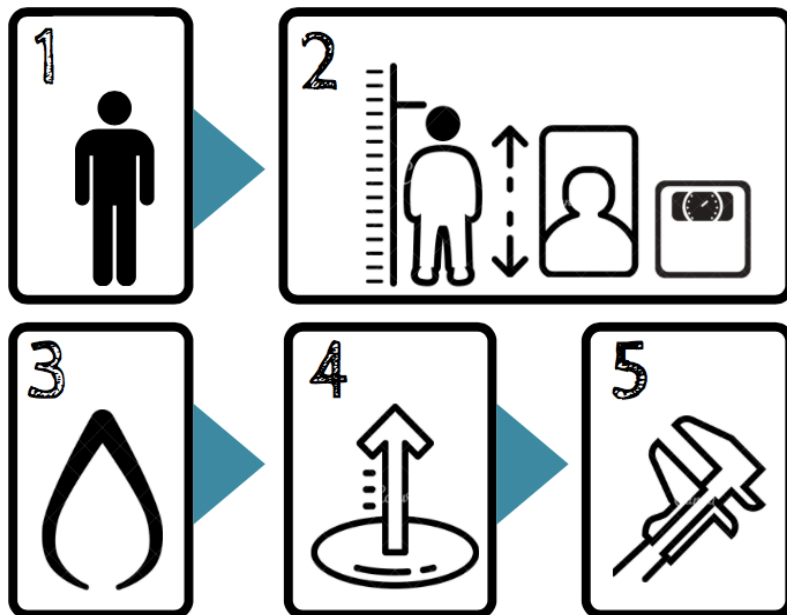
A partir de este modelo se fraccionó la composición corporal en 5 masas (ósea, residual, adiposa, muscular y piel) para establecer el Índice Muscular Graso (IMG). Este indicador es la relación entre la masa muscular (Kg) y la masa grasa (Kg) (masa muscular/masa grasa):

$$IMG = \text{Kilogramos de Masa muscular} / \text{Kilogramos de Masa Grasa}$$

Los voluntarios fueron informados sobre las recomendaciones a seguir previo a la medición, estas recomendaciones, el material fotográfico de las mediciones y procedimientos usados se encuentran en las Indicaciones de toma de medidas antropométricas para la medición de la composición corporal por 5 componentes adaptado para este estudio según los lineamientos ISAK, nivel II y puede consultarse en el Anexo C. Todas las imágenes son publicadas con previa autorización de los voluntarios.

El protocolo de evaluación como se ve en la Ilustración 5-1 consistió en: 1) Marcación de puntos anatómicos, 2) Toma de medidas básicas (peso, talla y talla sentado), 3) Medición de pliegues cutáneos, 4) Medición de perímetros corporales y 5) Medición de diámetros corporales. Durante todo el proceso se contó con un auxiliar que registraba los datos de las mediciones en un formato previamente formulado. Esta valoración fue realizada siguiendo los protocolos ISAK nivel II y se realizó bajo supervisión de la nutricionista Paola Hoyos Mora, con certificación ISAK nivel II.

Ilustración 5-1. Valoración Antropométrica



Fuente: Elaboración propia

5.5.5 MOMENTO II Valoración bioquímica

El objetivo de este momento fue determinar la salud cardiometabólica de los voluntarios medida en términos de los parámetros bioquímicos: Hemoglobina glicosilada y perfil lipídico sanguíneo (Colesterol total, HDL y LDL, triglicéridos) por medio de muestras de 5 ml de sangre extraídos de la vena antecubital de cada participante recogidos en dos tubos al vacío con EDTA como anticoagulante como se muestra en la Ilustración 5-2. Las muestras fueron procesadas teniendo en cuenta los parámetros del kit comercial y por el personal de la División de Salud de la Universidad Nacional Unisalud y por el laboratorio clínico IDIME (para los participantes no afiliados a Unisalud) usando exactamente la misma técnica de análisis mediante pruebas enzimáticas colorimétricas para los lípidos y en el caso de la glucosa, utilizando el equipo de tecnología ROCHE Cobas 8000.

Para el desarrollo del Momento II, los voluntarios debían cumplir con unos requerimientos específicos, los cuales les fueron informados con previa anticipación.

- Encontrarse en ayuno mínimo de 8 horas, incluido ayuno de líquidos (agua).

- No realizar ejercicio extenuante 12 horas antes de la medición.
- No consumir alcohol 48 horas antes de la medición.

Ilustración 5-2. Valoración Bioquímica



Estas imágenes son publicadas con previa autorización de los voluntarios.

Los resultados de estas pruebas fueron utilizados para clasificar a los voluntarios en control glicémico y control lipídico en concordancia con los estándares de la ATP III ya establecidos para las pruebas de Colesterol HDL, LDL, total y hemoglobina glicosilada. Para cada una de estas pruebas se realizó una estratificación según se muestra en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1. Estratificación de resultados bioquímicos

COLESTEROL HDL (mg/dL)		COLESTEROL LDL (mg/dL)		COLESTEROL TOTAL (mg/dL)		TRIGLICÉRIDOS (mg/dL)		HEMOGLOBINA GLICOSILADA (%)	
Normal	40 – 60	Normal	<= 100	Normal	0 – 199	Normal	0 – 149	No diabético	<=5,6
Bajo	<40	Alto	>100	Intermedio alto	200 - 239	Intermedio alto	=150 - 199	Pre diabético	5,7 – 6,4
Alto	>60			Alto	240 - 675	Alto Muy alto	200 – 499 >=500	Diabético	>= 6,5

Fuente: Programa Nacional de Educación sobre el Colesterol y ATP III (Rubio et al., 2004); y Asociación Americana de Diabetes (Barquilla García et al., 2010)

5.5.6 Eventos adversos

No se registró ningún evento adverso durante la realización del estudio.

5.5.7 Recursos y costos

Toda la información respecto a recursos humanos, físicos, técnicos y voluntarios necesarios para el desarrollo del presente estudio puede consultarse en el Anexo D.

6. Análisis estadístico

El análisis de las variables se realizó utilizando el software R (R Core Team®, 2019). Para la caracterización de la muestra poblacional en edad se usó frecuencia, porcentaje de participación y media. Para la caracterización de las variables antropométricas y bioquímicas se usaron estadísticas descriptivas como suma, media, mínimo, máximo, conteo de datos y desviación estándar.

Todos los análisis crudos incluyeron comparaciones estadísticas de promedios (prueba T) o asociación (tipo χ^2) y para el análisis ajustado se construye un modelo de regresión (según la escala de la variable de desenlace analizada) cuya obtención dependió de un proceso paso a paso de las variables candidatas obtenidas en el análisis crudo ($p < 0.05$). Para el modelo de regresión se emplea el método mixto iniciando el modelo con todas las variables como predictores y se realiza la selección de los mejores predictores con la medición Akaike (AIC).

En todos los modelos se contó con análisis de valores influyentes, así como con la valoración de estimadores epidemiológicos de asociación (diferencias de promedios). Para el análisis preliminar de los valores diferenciadores de riesgo de salud cardiometabólica se establecieron valores predictivos positivos y negativos en cada caso.

A partir de diagramas de caja se realizaron gráficos descriptivos con los promedios de las observaciones para el grupo de individuos discriminados por sexo, edad y por prueba bioquímica, todas con una confianza del 95%.

7. Resultados

A continuación, se presenta la caracterización de los participantes con los resultados de la valoración inicial, el momento I con las características antropométricas y el momento II con los resultados de laboratorio. Posteriormente se presentan las correlaciones de las variables, el comportamiento estadístico del IMG por grupos separados, y el modelo de regresión para explicar la relación encontrada.

7.1 Caracterización de los participantes

En este estudio se involucraron 85 personas con un rango amplio de edad entre 20 a 60 años. De esta población, el 54,1% (n=46) corresponde a mujeres y el 45,9% (n=39) corresponde a hombres, en una edad media de $37 \pm 13,4$ años. En la tabla 7-1 se encuentra la distribución por edades de la muestra poblacional.

Tabla 7-1. Caracterización de edad de la muestra poblacional

Rango de edad	n	%
20 a 30 años	35	41,1%
31 a 40 años	17	20,0%
41 a 50 años	14	16,5%
Mayores de 50 años	19	22,4%

n (frecuencia de voluntarios), % (porcentaje de frecuencia de voluntarios)

En la tabla 7-2 se presentan los valores de variables antropométricas de los participantes evaluados siguiendo los lineamientos ISAK, nivel II para el modelo de fraccionamiento de masas corporales por 5 componentes de Ross y Kerr (ósea, residual, adiposa, muscular y piel), el peso y talla, 6 pliegues cutáneos (Tríceps, Subescapular, Suprailiaco, Abdominal, Muslo y Pantorrilla), 9 perímetros corporales (cabeza, tórax, cintura, brazo relajado, brazo contraído, antebrazo, muslo superior, muslo medio y pantorrilla) y 6 diámetros óseos (bi-acromial, bi-iliocrestal, tórax transverso, tórax antero posterior, humeral y femoral). Los participantes presentaron características antropométricas heterogéneas influenciadas por aspectos alimentarios y de nivel de actividad. Se encontró un peso medio de $68.4 \pm 14,18$ kg, una talla de $163,54 \pm 9,5$ cm, un IMC de $25,49 \pm 4,39$, un IAKS (Yuhasz) de $1,21 \pm 0,15$, un IAKS (Tittle – Wutscherk) de $1,05 \pm 0,12$, un IMO de $3,65 \pm 0,52$, una sumatoria de pliegues de $133,92 \pm 57,82$, y un % de grasa (Yuhasz) de $21,35 \pm 9,72$.

El IMG se calculó a partir del fraccionamiento de la composición corporal en 5 masas (ósea, residual, adiposa, muscular y piel) haciendo la relación entre la masa muscular (Kg) y la masa grasa (Kg) (masa muscular/masa grasa) como aparece descrito en el apartado de Metodología (IMG = Kilogramos de Masa muscular / Kilogramos de Masa Grasa). Los participantes evaluados presentaron un índice muscular grasa IMG medio de $1,14 \pm 0,4$ y un rango de este parámetro de 0,54 a 2,51 ($p < 0.05$). Los individuos con mayores valores del IMG indican composiciones corporales con mayor contenido de masa muscular, en esa misma línea, aquellos individuos con valores del IMG más bajos indican mayor predominio de masa grasa en su composición corporal.

Tabla 7-2. Caracterización de variables antropométricas de la muestra poblacional

VARIABLE ANTROPOMÉTRICA	sum	mean	min	max	count	Std.Dev
PESO (kg)	5813.9	68.4	37.7	123.7	85	± 14.18
TALLA (cm)	13900.9	163.54	144	184.4	85	± 9.5
TALLA SENTADO (cm)	7197.3	84.67	73.9	95	85	± 85
TRICEPS (mm)	1576.4	18.55	4.8	38.4	85	± 7.86
BÍCEPS (mm)	799.1	9.4	2.8	27.6	85	± 4.86
SUBESCAPULAR (mm)	2045.7	24.07	6.4	55	85	± 11.39

30 Relación entre masa muscular / masa grasa (índice muscular grasa) y riesgo cardiometabólico en adultos de 20 a 60 años aparentemente sanos de la ciudad de Bogotá D.C

VARIABLE ANTROPOMÉTRICA	sum	mean	min	max	count	Std.Dev
SUPRAILIACO (mm)	2803.2	32.98	5	338	85	± 35.3
SUPRAESPINAL (mm)	1870.3	22	4.8	62	85	± 10.9
ABDOMINAL (mm)	3011.1	35.42	6	93.2	85	± 17.63
MUSLO (mm)	1745.2	20.53	6.3	64.6	85	± 10.65
PIERNA (mm)	1134.7	13.35	4.2	47	85	± 7.7
P. CABEZA (cm)	4737.1	55.73	52	60.5	85	± 1.97
P. TORAX (cm)	8065	94.88	73.5	118.7	85	± 8.95
P. CINTURA (cm)	7032	82.73	61.7	113.2	85	± 11.81
P. CADERA (cm)	8318	97.86	79.5	130.8	85	± 8.65
P. BRAZO RELAJADO (cm)	2591	30.48	21.9	42	85	± 3.64
P. BRAZO CONTRAIDO (cm)	2631.5	30.96	21.4	44	85	± 3.68
P. ANTEBRAZO (cm)	2147.7	25.27	19.1	32.3	85	± 2.44
P- MUÑECA (cm)	1317.1	15.5	12.3	19.4	85	± 1.21
P. MUSLO SUPERIOR (cm)	4868.5	57.28	43.8	82.8	85	± 5.45
P. MUSLO MEDIO (cm)	4330.9	50.95	38.5	73.5	85	± 5.03
P. PIERNA (cm)	3105.2	36.53	28.4	48.6	85	± 3.35
D. HÚMERO (cm)	521.6	6.14	5	7.4	85	± 0.5
D. MUÑECA (cm)	428.6	5.04	4.2	5.9	85	± 0.43
D. FÉMUR (cm)	772.1	9.08	7.4	11.6	85	± 0.67
D. BIACROMIAL (cm)	3242.2	38.14	30	44.2	85	± 3.01
D. BICRESTAL (cm)	2413.3	28.39	23.5	34	85	± 2.19
D. TÓRAX TRANVERSO (cm)	2381.3	28.02	22.5	42.5	85	± 3.24
D. AP TORAX (cm)	1656.5	19.49	14	41	85	± 3.65
IMC	2166.4	25.49	16	42.1	85	± 4.39
IAKS (YUHASZ)	103.15	1.21	0.89	1.58	85	± 0.15
IAKS (TITTLEL - WUTSCHERK 1972)	89.52	1.05	0.67	1.36	85	± 0.12
IMO	309.86	3.65	2.51	5.6	85	± 0.52
SUMATORIA PLIEGUES	11383.4	133.92	33.1	331.8	85	± 57.82
% GRASA YUHASZ	1815.1	21.35	6.1	47.4	85	± 9.72

VARIABLE ANTROPOMÉTRICA	sum	mean	min	max	count	Std.Dev
MASA PIEL (kg)	296	3.48	2.7	4.6	85	± 0.38
MASA ÓSEA (kg)	603.8	7.1	3.9	10.9	85	± 1.31
MASA RESIDUAL (kg)	615.1	7.24	3.9	13.8	85	± 1.98
MASA MUSCULAR (kg)	2213.2	26.04	12.7	40	85	± 6.41
MASA ADIPOSA (kg)	2086.6	24.55	11.6	59.2	85	± 7.93
INDICE MUSCULAR GRASO	97.14	1.14	0.54	2.51	85	± 0.4
ENDOMORFIA	519.09	6.11	1.5	10.52	85	± 2.12
MESOMORFIA	419.97	4.94	1.99	9.2	85	± 1.36
ECTOMORFIA	106.82	1.26	-1.67	6.05	85	± 1.45

sum (suma de valores en el tamaño muestral), **mean** (media de la muestra) **Std.Dev.** (desviación estándar de la muestra), **min** (valor mínimo de la muestra), **max** (valor máximo de la muestra), **count** (cantidad de valores tomados de la muestra)

En la tabla 7-3 se presentan los valores de variables bioquímicas de los participantes evaluados. Los participantes presentaron valores medios de colesterol HDL de $46,2 \pm 12,5$ mg/dl, colesterol LDL de $111,9 \pm 37,2$ mg/dl, colesterol total $184,4 \pm 41,6$ mg/dl, triglicéridos de $131,3 \pm 7,9$ mg/dl y hemoglobina glicosilada de $5,5 \pm 0,4\%$.

Tabla 7-3. Caracterización de variables bioquímicas de la muestra poblacional

VARIABLE BIOQUÍMICA	COLESTEROL HDL (Mg / dl)	COLESTEROL LDL (Mg / dl)	COLESTEROL TOTAL (Mg / dl)	TRIGLICÉRIDOS (Mg / dl)	HEMOGLOBINA GLICOSILADA (%)
sum	3931	9514.8	15677	11161	467.5
mean	46.2	111.9	184.4	131.3	5.5
min	26.2	35	98	45.4	4.9
max	82	242.6	310	352.2	7.6
count	85	85	85	85	85
Std.Dev	± 12.5	± 37.2	± 41.6	± 79.1	± 0.4

sum (suma de valores en el tamaño muestral), **mean** (media de la muestra) **Std.Dev.** (desviación estándar de la muestra), **min** (valor mínimo de la muestra), **max** (valor máximo de la muestra), **count** (cantidad de valores tomados de la muestra)

7.2 Correlación de variables

En la tabla 7-4 se muestran los resultados de correlación entre variables que permite comparaciones entre IMG, colesterol total, colesterol HDL, colesterol LDL, triglicéridos y hemoglobina glicosilada.

Tabla 7-4. Correlación del IMG con Perfil lipídico y Hemoglobina glicosilada

	IMG	HDL	LDL	TOTAL	TRI	HEMO	EDAD
IMG	1.00	**0.01	-0.12	-0.09	**0.04	-0.13	-0.25
HDL	**0.01	1.00	-0.11	**0.03	-0.61	-0.25	-0.27
LDL	-0.12	-0.11	1.00	0.95	0.24	0.30	0.63
TOTAL	-0.09	**0.03	0.95	1.00	0.41	0.30	0.59
TRI	**0.04	-0.61	0.24	0.41	1.00	0.26	0.30
HEMO	-0.13	-0.25	0.30	0.30	0.26	1.00	0.55
EDAD	-0.25	-0.27	0.63	0.59	0.30	0.55	1.00

IMG (Índice Muscular Graso), **HDL** (Colesterol de alta densidad, HDL por sus siglas en inglés), **LDL** (Colesterol de baja densidad, LDL por sus siglas en inglés), **TOTAL** (Colesterol total), **TRI** (Triglicéridos), **HEMO** (Hemoglobina glicosilada) y **EDAD** ** Diferencias significativas con $P < 0,05$.

- Se encuentra que las variables que tienen una mayor relación lineal entre sí, son colesterol LDL y colesterol total ($r=0.95$), esto ejemplifica que a medida que uno aumenta, el otro también lo hace y se entiende ya que el valor de colesterol total depende de la suma del colesterol LDL y colesterol HDL.
- Se evidencia que a medida que aumenta el Colesterol HDL, los triglicéridos bajan ya que tienen una correlación lineal negativa ($r=-0.61$). Normalmente, aquellos individuos que tienen una mejor concentración de colesterol HDL presentan hábitos saludables como la adecuada alimentación y la actividad física, esto incide directamente en los niveles de triglicéridos pues éstos, por el nivel de entrenamiento se depositan dentro del músculo y a su vez, su uso como fuente energética es más efectiva.
- Existe una correlación positiva estadísticamente significativa entre IMG y colesterol HDL ($r=0.01$, $P < 0,05$), entre IMG y triglicéridos ($r=0.04$, $P < 0,05$) y existe una

correlación negativa estadísticamente significativa entre Colesterol total y HDL ($r=-0.03$) con $P < 0,05$.

- Por cada año adicional el IMG disminuye en 0.225 esto puede darse debido a la redistribución de la composición corporal dada por la edad, en la que a medida que se envejece se disminuye la masa muscular y se aumenta el tejido adiposo corporal, adicionalmente aspectos como el nivel de actividad física y hábitos alimentarios pueden explicar este comportamiento.
- A medida que la persona envejece, los niveles de Colesterol LDL y Colesterol Total aumentan en 0.63 y 0.59 respectivamente, comportamientos explicados por las diferencias en el nivel de actividad física, hábitos alimentarios individuales, y en el caso de las mujeres, los cambios hormonales que se acompañan de la disminución de estrógenos como en la etapa de la menopausia, lo que las hace más susceptibles de alteraciones en el perfil lipídico.

7.3 Comportamiento estadístico del IMG por grupos separados

En la tabla 7-5 se presentan los resultados de la relación entre las variables IMG y sexo, y se ejemplifican los resultados en la ilustración 7-1.

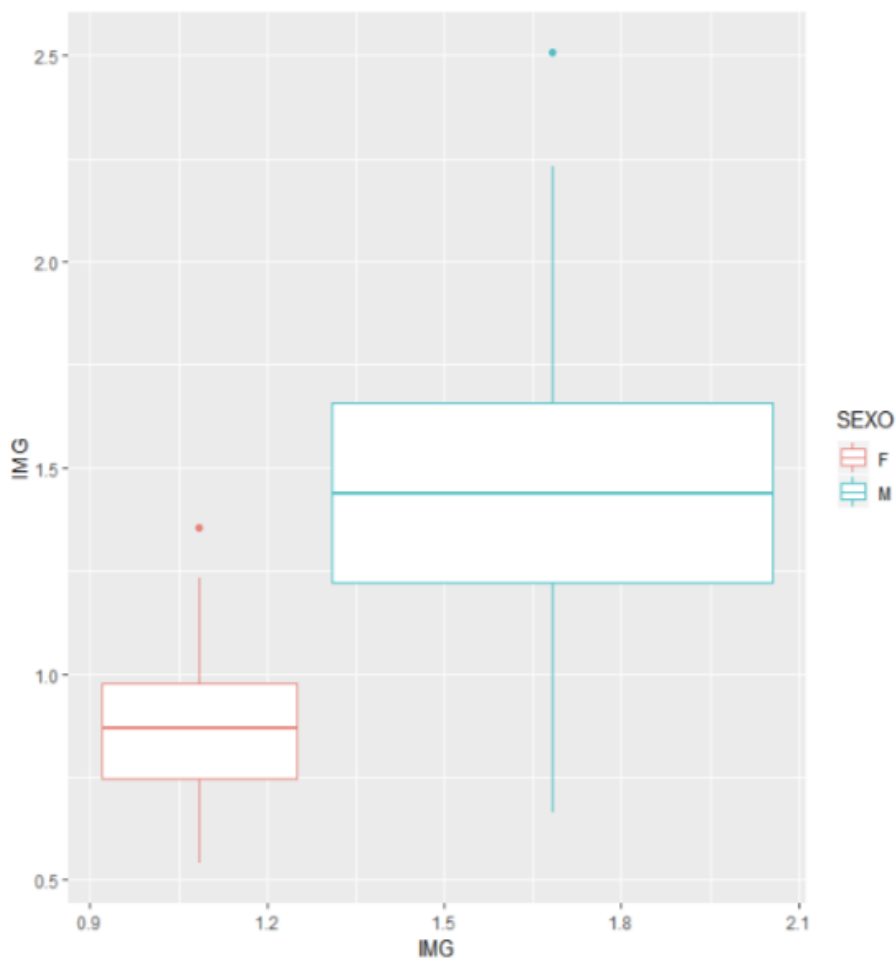
Tabla 7-5. Relación IMG vs sexo

IMG	F	M
N	46.00	39.00
mean	0.88	1.45
Std.Dev.	0.18	0.38
min	0.54	0.67
Q1	0.75	1.22
median	0.87	1.44
Q3	0.98	1.66
max	1.36	2.51
missing values	0.00	0.00

IMG (Índice Muscular Graso), **F** (Sexo Femenino), **M** (Sexo Masculino)

N (tamaño muestral), **mean** (media de la muestra) **Std.Dev.** (desviación estándar de la muestra), **min** (valor mínimo de la muestra), **Q1** (primer cuartil de la muestra), **median** (mediana de la muestra), **Q3** (tercer cuartil de la muestra), **max** (valor máximo de la muestra), **missing values** (valores perdidos o faltantes de la muestra)

Ilustración 7-1. Relación IMG vs sexo



Se evidencia que las mujeres presentan niveles de IMG mas bajo [0.54-1.36] con respecto a los hombres [0.67-2.51] esto puede darse debido a las diferencias en composición corporal entre hombres y mujeres dadas por factores hormonales, en la que las mujeres tienden a tener mayor contenido de masa grasa versus los hombres que tienden a tener mayor contenido de masa muscular. Desde una perspectiva genética el hombre tiene mayor posibilidad de generar tejido muscular porque tiene una mayor producción de testosterona en comparación con la mujer, cuya producción de estrógenos como el estradiol y progestágenos es mayor, lo que la hace más susceptible de acumular tejido adiposo.

En la tabla 7-6 se presentan los resultados de la relación entre las variables IMG y edades y se ejemplifican los resultados en las ilustraciones 7-2 y 7-3.

Tabla 7-6. Relación IMG vs edad

IMG	De 31-40 Años	De 41-50 Años	Mayores de 50 Años	De 20 -30 Años
N	17.00	14.00	19.00	35.00
mean	1.00	1.07	1.05	1.30
Std.Dev.	0.31	0.41	0.32	0.44
min	0.67	0.63	0.54	0.67
Q1	0.76	0.75	0.81	0.97
median	0.94	0.91	1.09	1.15
Q3	0.98	1.38	1.22	1.58
max	1.59	1.76	1.79	2.51
missing values	0.00	0.00	0.00	0.00

EDAD	De 31-40 Años	De 41-50 Años	Mayores de 50 Años	De 20 -30 Años
N	17.00	14.00	19.00	35.00
mean	35.71	46.14	56.21	23.60
Std.Dev.	3.00	2.38	2.72	2.61
min	32.00	42.00	51.00	20.00
Q1	34.00	44.00	55.00	21.50
median	35.00	46.50	56.00	23.00
Q3	38.00	47.75	58.50	25.00
max	40.00	50.00	60.00	30.00
missing values	0.00	0.00	0.00	0.00

IMG (Índice Muscular Graso), **N** (tamaño muestral), **mean** (media de la muestra) **Std.Dev.** (desviación estándar de la muestra), **min** (valor mínimo de la muestra), **Q1** (primer cuartil de la muestra), **median** (mediana de la muestra), **Q3** (tercer cuartil de la muestra), **max** (valor máximo de la muestra), **missing values** (valores perdidos o faltantes de la muestra) * Valores de Edad en años

Ilustración 7-2. Relación IMG vs edad

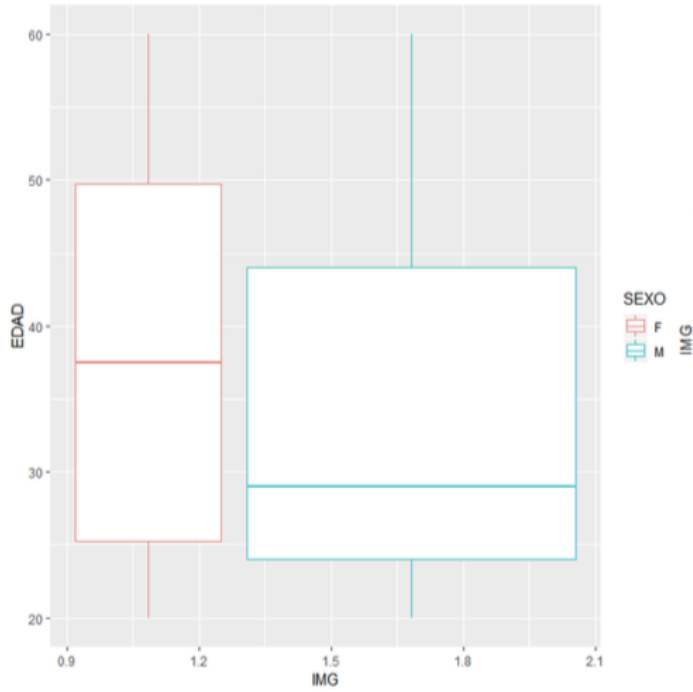
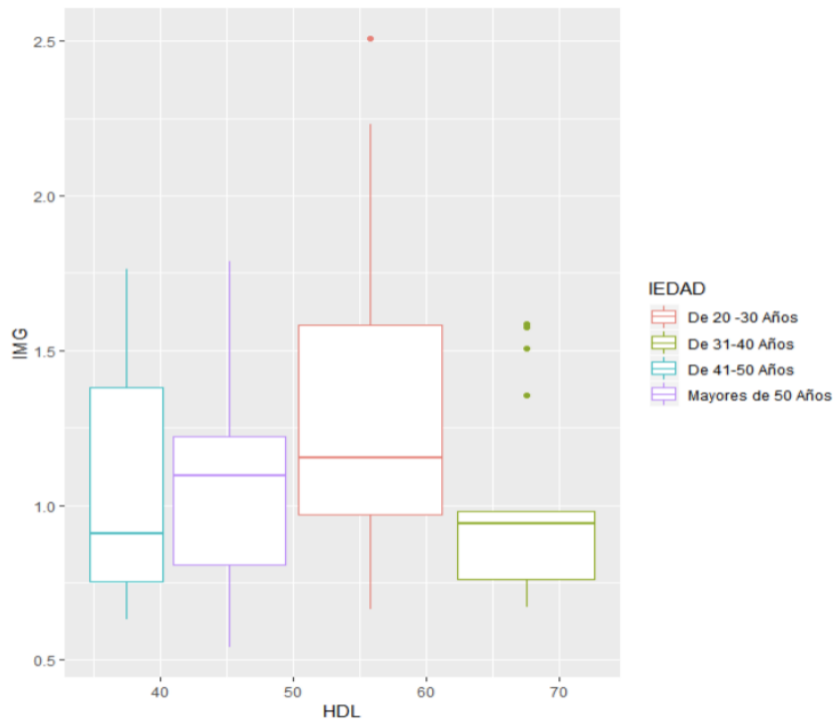


Ilustración 7-3. Relación IMG vs rangos etarios



- Se evidencia que las mujeres tienen una variabilidad más baja en el IMG frente a los hombres. Sus valores están entre 0.5-1.5 sin importar la edad, mientras que para los hombres esta entre 0.5-2.5 esto puede darse debido a las diferencias interindividuales que pueden darse en cuanto a contenido de masa muscular dadas las diferencias en nivel de actividad física y hábitos alimentarios de los participantes masculinos.
- Los valores más grandes de IMG se encuentran para personas entre los 20-30 años, mientras que para personas de 31-40, 41-50, mayores de 50 tienen rangos entre [0.67-1.59], [0.63-1.76], [0.54-1.79] respectivamente; así mismo, los valores más bajos del IMG se presentaron en personas de más de 50 años cuyo valor más bajo fue de 0.54. Esto va en concordancia con el resultado de disminución en 0.225 anual que se da en el IMG debido a la redistribución de la composición corporal dada por la edad, en la que a medida que se envejece se disminuye la masa muscular y se aumenta el tejido adiposo corporal. Adicionalmente, la disminución de la actividad física que se puede acompañar de la edad puede explicar este comportamiento.
- Las medias entre edades según el IMG van variando según el rango de edad, se evidencia mayor dispersión para personas entre 20 y 30 años, esto puede darse debido a las diferencias interindividuales de nivel de actividad física y hábitos alimentarios heterogéneos que se presentan en los adultos entre este rango de edad.

En la tabla 7-7 se presentan los resultados de la relación entre las variables IMG y colesterol HDL y se ejemplifican los resultados en la ilustración 7-4.

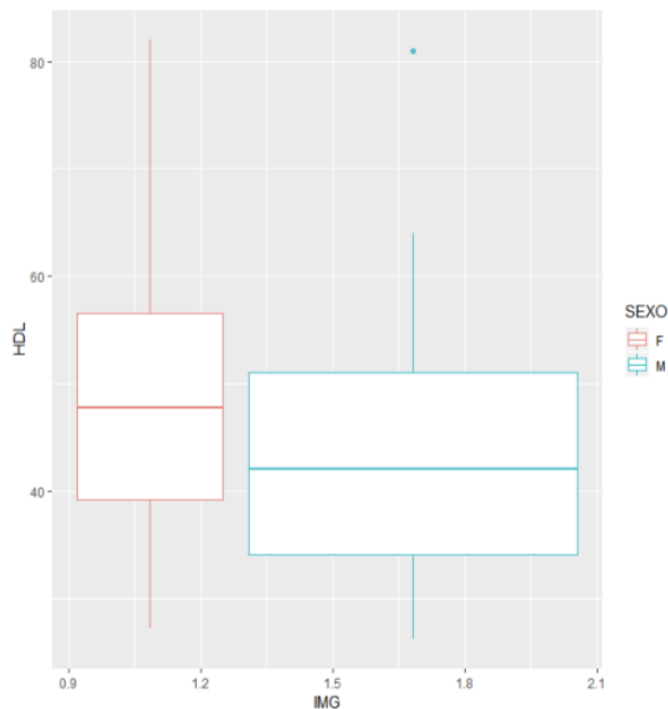
Tabla 7-7. Relación IMG vs colesterol HDL

IMG	NORMAL	BAJO	ALTO
N	43.00	31.00	11.00
mean	1.10	1.18	1.20
Std.Dev.	0.35	0.43	0.51
min	0.61	0.54	0.74
Q1	0.80	0.90	0.86
median	1.09	1.05	0.96
Q3	1.33	1.42	1.37
max	1.89	2.51	2.23
missing values	0.00	0.00	0.00

HDL	NORMAL	BAJO	ALTO
N	43.00	31.00	11.00
mean	49.30	34.01	68.78
Std.Dev.	5.91	3.73	7.28
min	40.00	26.20	61.00
Q1	44.00	31.05	63.50
median	49.00	34.90	67.00
Q3	53.50	37.05	72.00
max	60.00	39.50	82.00
missing values	0.00	0.00	0.00

IMG (Índice Muscular Graso), **NORMAL** (Valor de Colesterol HDL normal dentro de los parámetros de la ATPIII) **BAJO** (Valor de Colesterol bajo dentro de los parámetros de la ATPIII), **ALTO** (Valor de Colesterol HDL alto dentro de los parámetros de la ATPIII) **N** (tamaño muestral), **mean** (media de la muestra) **Std.Dev.** (desviación estándar de la muestra), **min** (valor mínimo de la muestra), **Q1** (primer cuartil de la muestra), **median** (mediana de la muestra), **Q3** (tercer cuartil de la muestra), **max** (valor máximo de la muestra), **missing values** (valores perdidos o faltantes de la muestra). * Valores de Colesterol HDL en mg/dl

Ilustración 7-4. Relación IMG vs colesterol HDL



- La mayor parte de la muestra presenta niveles de colesterol HDL (mg / dl) Normales (40.0-60.0) en un rango de IMG de (0.61-1.89), sin embargo, gran parte de la muestra (31 individuos) también tuvo niveles bajos para la prueba (26.20-39.50).

Estas variaciones pueden ser explicadas por las diferencias interindividuales en cuanto a nivel de actividad física y hábitos alimentarios en esta población.

- Los rangos tanto para el nivel bajo como normal son casi parecidos en IMG, sin embargo, el nivel de colesterol HDL (mg / dl) presenta niveles mas altos en aquellos individuos con IMG altos (2.51). Normalmente, aquellos individuos que tienen una mejor concentración de colesterol HDL tienen mayores niveles de actividad física y por ende, mejor composición corporal, representada en mayores niveles de masa muscular.
- Se puede evidenciar que el promedio de colesterol HDL (mg / dl) para mujeres es mayor que para los hombres y presenta menor dispersión en valores de IMG. Esto se explica por el papel que ejercen los estrógenos en un mejor resultado de perfil lipídico, efecto que no tienen los hombres al tener un nivel mayor de testosterona o en casos específicos para los hombres, niveles alterados de testosterona.

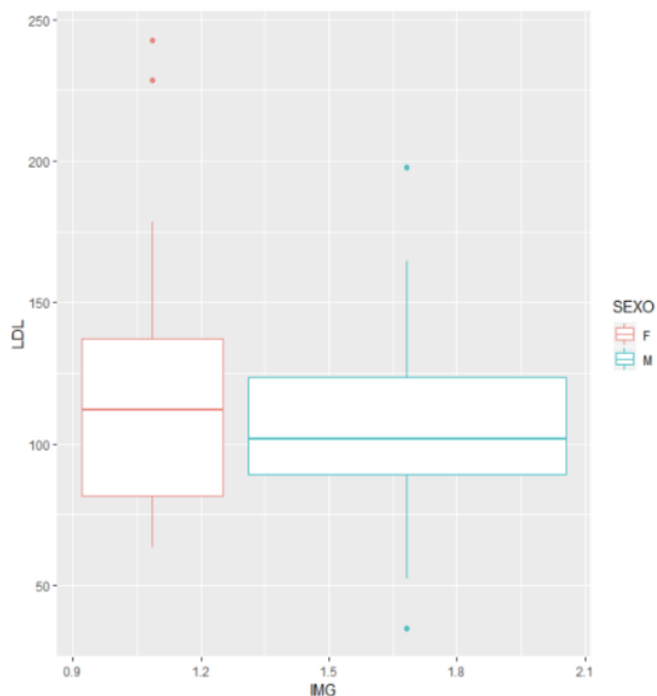
En la tabla 7-8 se presentan los resultados de la relación entre las variables IMG y colesterol LDL y se ejemplifican los resultados en la ilustración 7-5.

Tabla 7-8. Relación IMG vs colesterol LDL

IMG	ALTO	NORMAL	LDL	ALTO	NORMAL
N	46.00	39.00	N	46.00	39.00
mean	1.13	1.16	mean	137.42	81.88
Std.Dev.	0.40	0.41	Std.Dev.	31.26	13.66
min	0.61	0.54	min	101.68	34.96
Q1	0.81	0.84	Q1	115.95	74.67
median	1.00	1.09	median	129.75	82.76
Q3	1.39	1.40	Q3	147.90	92.80
max	2.51	2.23	max	242.60	99.22
missing values	0.00	0.00	missing values	0.00	0.00

IMG (Índice Muscular Graso), **NORMAL** (Valor de Colesterol LDL normal dentro de los parámetros de la ATPIII) **ALTO** (Valor de Colesterol LDL alto dentro de los parámetros de la ATPIII) **N** (tamaño muestral), **mean** (media de la muestra) **Std.Dev.** (desviación estándar de la muestra), **min** (valor mínimo de la muestra), **Q1** (primer cuartil de la muestra), **median** (mediana de la muestra), **Q3** (tercer cuartil de la muestra), **max** (valor máximo de la muestra), **missing values** (valores perdidos o faltantes de la muestra). * Valores de Colesterol LDL en mg/dl

Ilustración 7-5. Relación IMG vs colesterol LDL



Se evidencia que predominaron los niveles altos (101.68-242.60) de colesterol LDL (Mg / dl) en 46 individuos, estos obtuvieron valores del IMG entre (0.61-2.51). Los individuos restantes (39) obtuvieron valores normales de colesterol LDL entre rangos (34.96-99.22) de igual manera los valores para el IMG son mas bajos entre valores (0.54-2.23). Esto da a entender que el IMG no es predictor de cambios en el valor del colesterol LDL de los participantes.

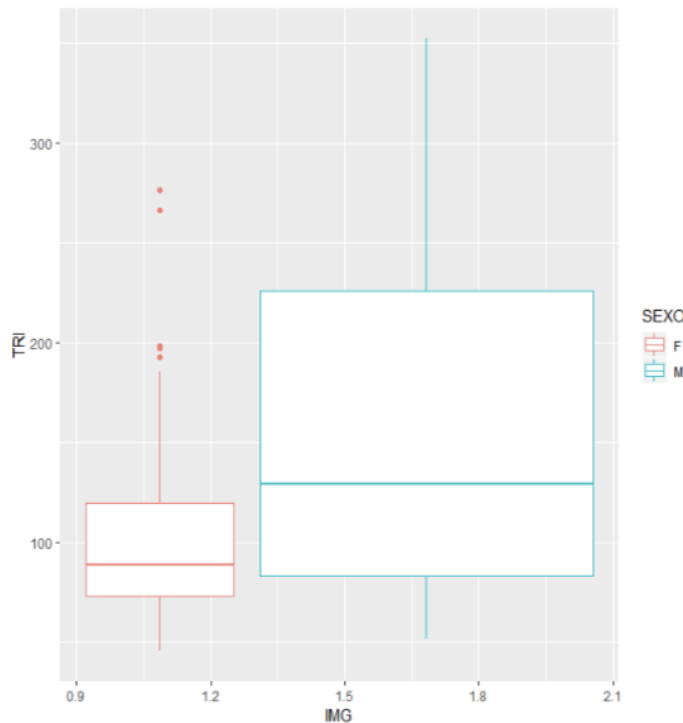
En la tabla 7-9 se presentan los resultados de la relación entre las variables IMG y triglicéridos y se ejemplifican los resultados en la ilustración 7-6.

Tabla 7-9. Relación IMG vs triglicéridos

IMG	NORMAL	INTE	ALTO	TRI	NORMAL	INTE	ALTO
N	61.00	11.00	13.00	N	61.00	11.00	13.00
mean	1.12	1.08	1.30	mean	88.52	182.44	288.82
Std.Dev.	0.43	0.30	0.34	Std.Dev.	25.72	14.58	41.05
min	0.54	0.72	0.68	min	45.40	155.40	220.00
Q1	0.80	0.86	1.09	Q1	69.80	180.50	264.00
median	0.98	1.00	1.32	median	83.00	185.20	286.10
Q3	1.31	1.24	1.59	Q3	100.20	191.75	312.00
max	2.51	1.67	1.76	max	149.00	198.00	352.20
missing values	0.00	0.00	0.00	missing values	0.00	0.00	0.00

IMG (Índice Muscular Graso), **NORMAL** (Valor de Triglicéridos normal dentro de los parámetros de la ATPIII) **INTERMEDIO ALTO** (Valor de Triglicéridos intermedio alto dentro de los parámetros de la ATPIII), **ALTO** (Valor de Triglicéridos alto dentro de los parámetros de la ATPIII) **N** (tamaño muestral), **mean** (media de la muestra) **Std.Dev.** (desviación estándar de la muestra), **min** (valor mínimo de la muestra), **Q1** (primer cuartil de la muestra), **median** (mediana de la muestra), **Q3** (tercer cuartil de la muestra), **max** (valor máximo de la muestra), **missing values** (valores perdidos o faltantes de la muestra). * Valores de Triglicéridos en mg/dl

Ilustración 7-6. Relación IMG vs triglicéridos



La mayor parte de la muestra (61 individuos) obtuvo valores normales [45.40-149.0] para la prueba de triglicéridos (mg / dl), pero es la población que más variaciones tiene para su respectivo IMG ya que los valores son o los más bajos o los más altos [0.54-2.51].

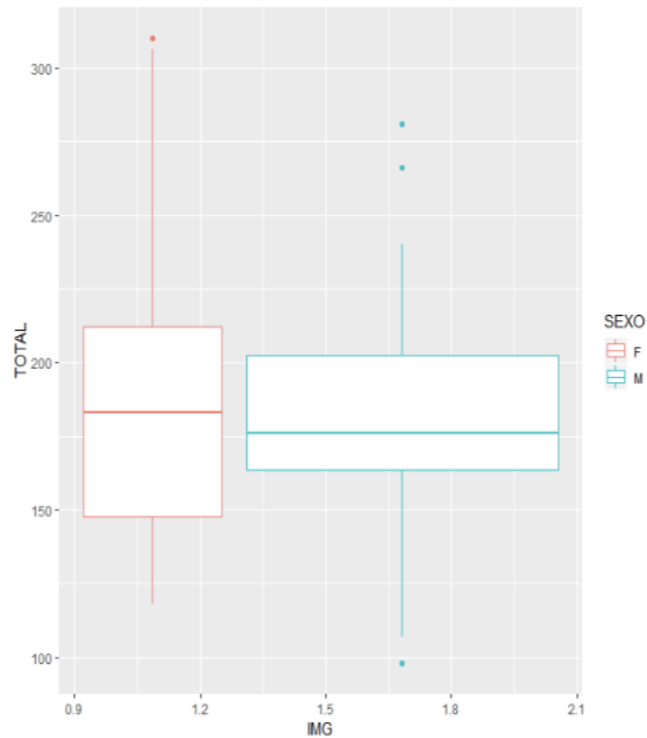
Adicionalmente, se evidencia que los hombres tienen un mayor promedio de triglicéridos (Mg / dl) al igual que una variabilidad más amplia, por otra parte, se encuentran varias mujeres con niveles muy lejanos del promedio en la prueba, estos resultados dependen de diferencias interindividuales relacionadas con nivel de actividad física, hábitos alimentarios, y da a entender que se necesitan más estudios que investiguen el IMG como predictor de cambios en el valor de triglicéridos de población adulta sana.

En la tabla 7-10 se presentan los resultados de la relación entre las variables IMG y colesterol total y se ejemplifican los resultados en la ilustración 7-7.

Tabla 7-10. Relación IMG vs colesterol total

IMG	NORMAL	ALTO	INTE	TOTAL	NORMAL	ALTO	INTE
N	57.00	8.00	20.00	N	57.00	8.00	20.00
mean	1.17	1.07	1.11	mean	161.89	269.50	214.65
Std.Dev.	0.44	0.33	0.34	Std.Dev.	24.25	26.77	10.63
min	0.54	0.65	0.61	min	98.00	240.00	201.00
Q1	0.82	0.81	0.87	Q1	144.00	250.75	206.25
median	1.09	1.05	0.99	median	166.00	259.00	212.50
Q3	1.45	1.26	1.37	Q3	178.00	287.25	220.25
max	2.51	1.59	1.76	max	199.00	310.00	236.00
missing values	0.00	0.00	0.00	missing values	0.00	0.00	0.00

IMG (Índice Muscular Graso), **NORMAL** (Valor de Colesterol total normal dentro de los parámetros de la ATPIII) **INTERMEDIO ALTO** (Valor de Colesterol total intermedio alto dentro de los parámetros de la ATPIII), **ALTO** (Valor de Colesterol total alto dentro de los parámetros de la ATPIII), **N** (tamaño muestral), **mean** (media de la muestra) **Std.Dev.** (desviación estándar de la muestra), **min** (valor mínimo de la muestra), **Q1** (primer cuartil de la muestra), **median** (mediana de la muestra), **Q3** (tercer cuartil de la muestra), **max** (valor máximo de la muestra), **missing values** (valores perdidos o faltantes de la muestra). * Valores de Colesterol total en mg/dl

Ilustración 7-7. Relación IMG vs colesterol total

La mayor parte de la muestra (57 individuos) obtuvo valores normales [98-199] para la prueba de colesterol total (Mg / dl), pero al igual que en la prueba de triglicéridos (Mg / dl) es la población que mas variaciones tiene para su respectivo IMG ya que los valores son o los mas bajos o los mas altos [0.54-2.51]. Estos resultados dependen de diferencias interindividuales relacionadas con nivel de actividad física, hábitos alimentarios, y da a entender que el IMG no es predictor de cambios en el valor de colesterol total de los participantes.

En la tabla 7-11 se presentan los resultados de la relación entre las variables IMG y hemoglobina glicosilada y se ejemplifican los resultados en la ilustración 7-8.

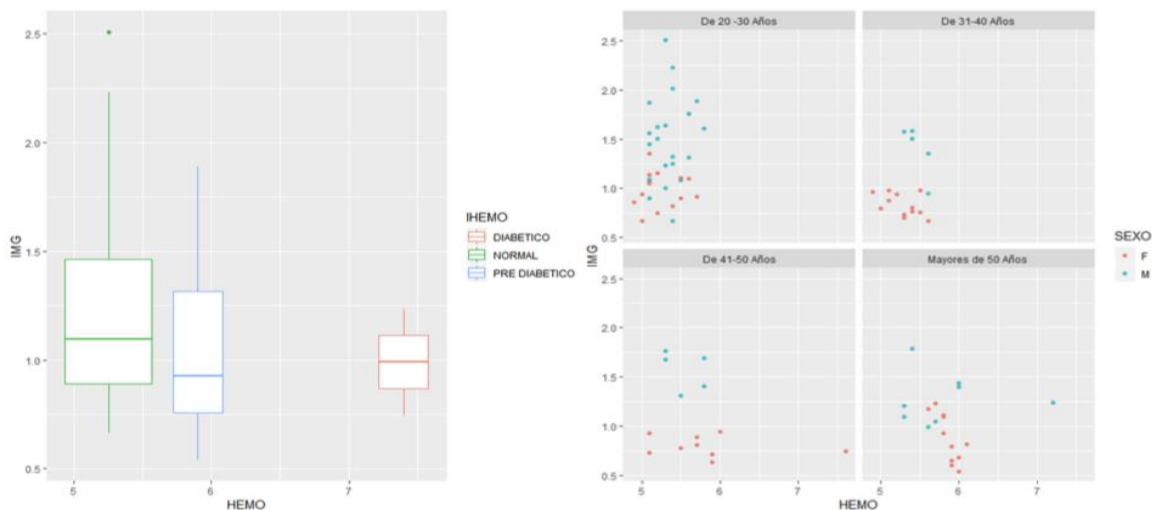
Tabla 7-11. Relación IMG vs hemoglobina glicosilada

IMG	NORMAL	PRE DIAB	DIAB
N	60.00	23.00	2.00
mean	1.19	1.04	0.99
Std.Dev.	0.41	0.38	0.35
min	0.67	0.54	0.74
Q1	0.89	0.76	0.87
median	1.10	0.93	0.99
Q3	1.46	1.32	1.11
max	2.51	1.89	1.24
miss values	0.00	0.00	0.00

HEMOG	NORMAL	PRE DIAB	DIAB
N	60.00	23.00	2.00
mean	5.30	5.85	7.40
Std.Dev.	0.20	0.12	0.28
min	4.90	5.70	7.20
Q1	5.10	5.75	7.30
median	5.30	5.80	7.40
Q3	5.43	5.95	7.50
max	5.60	6.10	7.60
miss values	0.00	0.00	0.00

IMG (Índice Muscular Graso), **NORMAL** (Valor de Hemoglobina glicosilada normal dentro de los parámetros de la ATPIII) **PREDIABÉTICO** (Valor de Hemoglobina glicosilada pre diabético dentro de los parámetros de la ATPIII), **DIABÉTICO** (Valor de Hemoglobina glicosilada alta dentro de los parámetros de la ATPIII), **N** (tamaño muestral), **mean** (media de la muestra) **Std.Dev.** (desviación estándar de la muestra), **min** (valor mínimo de la muestra), **Q1** (primer cuartil de la muestra), **median** (mediana de la muestra), **Q3** (tercer cuartil de la muestra), **max** (valor máximo de la muestra), **missing values** (valores perdidos o faltantes de la muestra). * Valores de Hemoglobina glicosilada en porcentaje

Ilustración 7-8. Relación IMG vs hemoglobina glicosilada



Se evidencia que el IMG para personas con hemoglobina glicosilada en niveles normales esta entre [0.67-2.51] con niveles de hemoglobina glicosilada entre [4.90-5.60], mientras que para personas con niveles elevados esta entre [0.54-1,89] con valores de hemoglobina glicosilada entre [5.79-6.10]. Adicionalmente, las personas con niveles de hemoglobina glicosilada normales presentan un mayor promedio en sus valores de IMG frente a las demás, y para las personas mayores de 50 años sus niveles de hemoglobina glicosilada

tienen mayor variabilidad mientras que para personas entre 20 y 30 años se encuentra en niveles normales de hemoglobina glicosilada.

7.4 Nivel de relación del IMG respecto al género, al colesterol total, HDL y LDL

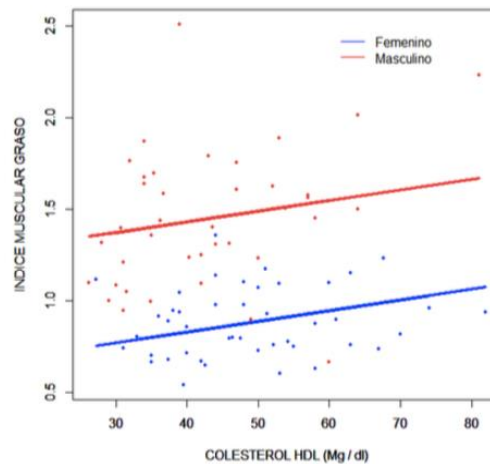
En la tabla 7-12 se puede observar los resultados de la regresión mixta y en la ilustración 7-9, el modelo estimado.

Tabla 7-12. Regresión mixta

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.8096	0.2078	3.90	0.0002
SEXOM	0.6338	0.0662	9.58	0.0000
HDL	0.0073	0.0027	2.72	0.0081
LDL	0.0049	0.0030	1.64	0.1059
TOTAL	-0.0045	0.0026	-1.73	0.0866

Residual standard error: 0.279 on 80 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.5445, Adjusted R-squared: 0.5217 F-statistic: 23.91 on 4 and 80 DF, p-value: 4.99e-13

Ilustración 7-9. Modelo estimado



Este modelo explica 54,45 % de las diferencias observadas entre uno y otro individuo en relación a la medida del IMG, logra explicar que el género de la persona influye en el IMG ($\alpha = 0.05$), que el valor de colesterol HDL de la persona influye en el IMG ($\alpha = 0.05$), y que el valor de colesterol total de la persona influye en el IMG ($\alpha = 0.05$). Estas relaciones permiten inferir que si se comparan dos individuos, los dos con el mismo valor en las demás

variables y uno de ellos masculino, se espera que, en promedio, el IMG aumente 0.63 y tenga 2.42 unidades menos que el otro; los dos con igual valor en la variable LDL y TOTAL y uno de ellos con un HDL más que el otro, se espera que, en promedio, el IMG tenga 0.0073 unidades mas que el otro; los dos con el mismo valor en la variable HDL y TOTAL uno de ellos con un LDL más que el otro, se espera que, en promedio, el IMG tenga 0.0049 unidades más que el otro; los dos con el mismo valor en la variable HDL y LDL uno de ellos con un TOTAL más que el otro, se espera que, en promedio, el IMG disminuya 0.0045 unidades mas que el otro.

8. Discusión

Las ENT constituyen un problema de salud pública mundial, son la principal causa de morbimortalidad en el mundo, ocasionan la muerte prematura de 41 millones de personas anualmente en el mundo (OMS, 2019) y en Colombia son la causa del 75% de las muertes (OMS, 2018). Las alteraciones de la composición corporal como la cantidad de MM y MG se han identificado como factores de riesgo para las ENT. En nuestra opinión, la existencia potencial de una relación entre la composición corporal y riesgo cardiometabólico merece un análisis detallado de los componentes musculares y grasos, pues son dos afecciones independientes pero interrelacionadas, cuya proporción tiene un impacto creciente en la esperanza de vida saludable y los costos de atención médica.

En este estudio de una población de adultos colombianos entre los 20 a 60 años de edad, se buscaba correlacionar los valores de MM y MG por medio del índice muscular graso (cociente entre la MM y la MG) capaz de identificar riesgo cardiometabólico medido por alteraciones del perfil lipídico (colesterol total, HDL, LDL, triglicéridos) y hemoglobina glicosilada. En nuestro estudio respecto a valoración de la composición corporal se encuentran valores más altos que los reportados por estudios similares que intentaron establecer una relación entre la MM, MG y riesgo cardiometabólico. Ramírez-Vélez (Ramírez-Vélez et al., 2018) realizó un estudio en población adulta colombiana y reportó una edad media de $20,8 \pm 1,9$ años, un peso de $63,0 \pm 12,6$ kg, un IMC de $23,5 \pm 3,8$, una masa grasa de $15,3 \pm 7,6$ kg, un % de grasa de $23,6 \pm 8,5$; la variable talla presentó un valor muy parecido ($163 \pm 0,09$ cm). En la misma línea Xu K (XU et al., 2018) realizaron un estudio en población china de dos ciudades, reportaron una edad media de $48,43 \pm 14,08$

(Han) y $49,80 \pm 13,69$ (Bouyel), un peso de $58,1 \pm 10,84$ kg (Han) y $53,24 \pm 10,05$ kg (Bouyel), una talla de $157,35 \pm 8,32$ cm (Han) y $155,36 \pm 8,01$ cm (Bouyel), un IMC de $23,39 \pm 3,49$ (Han) y $21,96 \pm 3,19$ (Bouyel), una masa grasa de $16,36 \pm 6,16$ kg (Han) y $13,27 \pm 5,61$ kg (Bouyel). Así mismo, Chen Y-Y (Chen et al., 2019) realizó un estudio en 66829 sujetos con una edad media de 42.35 ± 16.14 para los hombres y 42.63 ± 15.95 para las mujeres, un IMC de $24,93 \pm 3,8$ para los hombres y $22,94 \pm 4,09$ para las mujeres, un % de grasa de $25 \pm 6,33\%$ para los hombres y $31,94 \pm 6,66\%$ para las mujeres. Cabe aclarar que estos valores no son comparables debido a que usaron el método de la bioimpedanciometría y en el caso del estudio de Xu K (XU et al., 2018) y Chen Y-Y (Chen et al., 2019) hay diferencias en cuanto a la raza. No se encontraron datos de composición corporal determinados por Antropometría de 5 componentes siguiendo protocolos de medición ISAK en estudios similares.

En los participantes del presente estudio se encontraron variables bioquímicas con dispersiones altas, que pueden ser explicadas por la raza y características individuales alimentarias y antropométricas relacionadas con composición corporal y no limitadas al peso y la talla. En este estudio se evaluaron las variables bioquímicas correspondientes a colesterol de alta densidad (HDL), una lipoproteína que resulta de la combinación de lípidos y proteínas conocida como “colesterol bueno”, ya que es la encargada de transportar el colesterol de otras partes del cuerpo de vuelta al hígado, de esta manera lo usa o lo elimina ayudando a mantener la homeostasis del cuerpo; colesterol de baja densidad (LDL), una lipoproteína conocida como “colesterol malo”, ya que se relaciona con la acumulación de placa ateromatosa en el endotelio arterial; triglicéridos, un tipo de lípido que se encuentra en el tejido adiposo y en la circulación, cuyos valores altos en sangre pueden aumentar el riesgo de enfermedades cerebrocardiovasculares; y la hemoglobina glicosilada, una heteroproteína que resulta de la unión de proteínas con glúcidos, por lo que es capaz de reportar el nivel promedio de glucosa en sangre de los últimos 3 meses, informando sobre cualquier alteración de la glucosa en sangre. Estas variables se midieron, ya que sus alteraciones se asocian con riesgo cardiometabólico y predisponen a ENT (Biblioteca Nacional de Medicina de los EE.UU., 2019).

Respecto a las variables bioquímicas evaluadas en la presente investigación, estudios como los de Ramírez-Vélez, Xu K y Chen Y-Y (Chen et al., 2019; Ramírez-Vélez et al., 2018; XU et al., 2018) también mostraron resultados con amplia dispersión para valores de glucosa, colesterol total, LDL, HDL y triglicéridos debido a la heterogeneidad de los sujetos evaluados.

Estudios previos han evaluado la composición corporal ya que se reconoce la importancia de estas variables como uno de los determinantes de morbimortalidad por ENT, los estudios más antiguos se centraban en cuantificar la cantidad de MG medida usualmente por el porcentaje de grasa corporal, los estudios más actuales se han centrado en la cuantificación tanto de la MG como la MM, y plantearon la relación grasa-músculo como indicador antropométrico y herramienta de detección para el síndrome metabólico; sin embargo, lo plantearon a partir de la bioimpedanciometría, un método de cuantificación de la composición corporal que puede presentar sobre estimaciones del 2,2 al 3,3% de grasa corporal y por ende variaciones en la masa libre de grasa MLG y el agua corporal total ACT (Demura et al., 2002). En nuestro estudio se usó antropometría de 5 componentes, un método que tiene una reducción significativa de los errores de subestimaciones y sobrestimaciones de los otros métodos, tiene un coeficiente de correlación: $r = 0,987$ (hombres 0,98 y mujeres 0,94), un error de estimación estándar (SEE): $< a$ 3 kg de peso, y no presenta las limitantes metodológicas de las determinaciones realizadas tomando como base el porcentaje de grasa, cuyas ecuaciones son de regresión lineal, específicamente diseñadas con el objetivo de estimar el porcentaje de grasa de un grupo específico de atletas (Montreal Olympic Games Anthropological Project - MOGAP), (Carter, et al., 1982) donde el autor solo reemplaza los valores constantes de las ecuaciones al hacer una conversión lineal, a partir de la ecuación original, lo que se podría denotar como una limitante de la misma.

La identificación de este tipo de herramientas antropométricas que sirven de detección del riesgo cardiometabólico es especialmente relevante en la prevención efectiva contra las ENT en la edad adulta. Según Casale et al., 2016; Eikelis et al., 2017; B. C. Kim et al., 2015, las alteraciones de la MM y la MG pueden representar el inicio del riesgo cardiometabólico en un individuo, lo que a su vez es determinante del desarrollo de ENT (Casale et al., 2016; Eikelis et al., 2017; B. C. Kim et al., 2015). Dentro de los resultados de esta investigación se determinó que a través de la antropometría de 5 componentes se

puede examinar la relación entre la MM y la MG por medio del IMG (Kilogramos de Masa muscular / Kilogramos de Masa Grasa) y que este es predictor de alteraciones en el colesterol HDL, colesterol total y triglicéridos. Con este método se encontró un índice muscular grasa IMG medio de $1,14 \pm 0,4$ y un rango de este parámetro de 0,54 a 2,51 ($p < 0,05$). Esto puede interpretarse también en términos de que los individuos de este grupo poblacional en promedio por cada kg de MG, presentaron $1,14 \pm 0,4$ kg de MM (IMG medio $1,14 \pm 0,4$) y se encontraban en un rango en que por cada kg de MG presentaban 0,54 kg hasta 2,51 kg de MM (0,54 a 2,51). Tanto en el estudio de Ramírez-Vélez, Xu K y Chen Y-Y (Chen et al., 2019; Ramírez-Vélez et al., 2018; XU et al., 2018) en lugar de usar un índice, se usó el Punto de corte de la relación grasa-músculo (FMR) para predecir síndrome metabólico usando el índice máximo de Youden y el área bajo la curva ROC. Para hombres el punto de corte FMR fue 0.34, y el área bajo la curva ROC 0.95 (sensibilidad 0.94 y especificidad 0.85), para mujeres el punto de corte FMR fue 0,55, y el área bajo la curva ROC 0,91 (sensibilidad 0.93 y especificidad 0,79). Estos resultados no son comparables dado que la medida resultado usada por Ramírez-Vélez, Xu K y Chen Y-Y (Chen et al., 2019; Ramírez-Vélez et al., 2018; XU et al., 2018) difiere de la usada en el presente estudio.

La masa grasa y muscular se han asociado independientemente con el riesgo cardiometabólico; sin embargo, hay evidencia limitada sobre la relación entre la MM y la MG medido a través de un método como la antropometría. Hasta donde sabemos, este es el primer estudio que investiga la relación entre MM, MG y riesgo cardiometabólico en adultos, y proporciona un rango de relación MM / MG medido a través del IMG en población de 20 a 60 años. Nuestros hallazgos muestran que el IMG tiene una correlación positiva con colesterol HDL ($r=0.01$, $P < 0,05$) y una correlación negativa estadísticamente significativa entre Colesterol total y HDL ($r=-0.03$) con $P < 0,05$, lo que respalda la hipótesis de que es un indicador útil para identificar riesgo metabólico por alteraciones en el colesterol total y HDL; conocidos predisponentes para el desarrollo de ENT. Estos hallazgos son de especial interés ya que revelan la utilidad clínica de la relación MM y MG para detectar riesgo cardiometabólico en adultos.

El IMG tienen un comportamiento distinto según el género y la edad, por cada año adicional el IMG disminuye en 0.225, lo que va acorde con la disminución de MM que se presenta con la edad y con estos cambios en el IMG los niveles de Colesterol LDL y Colesterol Total tienden al aumento. Con el incremento de edad hay cambios en la composición corporal, se produce una reducción de la masa magra y un aumento progresivo de la masa grasa muscular infiltrativa, esto normalmente ocurre después de los 20 a 30 años pudiendo presentar este problema hasta el 40% de la población. A partir de los 40 y 60 años, de manera significativa se observa una redistribución de la grasa corporal con un aumento de la grasa visceral, intramuscular e intrahepática que se asocian con riesgo cardiometabólico (Buscemi et al., 2011; Goodpaster et al., 2005).

Con estos resultados, al correlacionar el IMG calculado a partir de las características antropométricas con los resultados de las variables bioquímicas, se puede establecer que los participantes con mejor IMG tienen menor riesgo de alteraciones en Colesterol HDL y colesterol total. En este sentido, los participantes con mayor cantidad de MM presentaban un mejor perfil cardiometabólico. La masa muscular esquelética es fundamental para la salud metabólica, es responsable de controlar del 70% al 90% del metabolismo de la glucosa mediada por insulina, también expresa, sintetiza y secreta moléculas de señalización biológica y puede regular otros tejidos del cuerpo a través de procesos endocrinos (Guillet & Boirie, 2005; Srikanthan et al., 2010). Aunado a esto, el colesterol HDL está fuertemente relacionado con la masa libre de grasa (MLG) y en concordancia, un mejor resultado en el colesterol HDL se relaciona con un perfil cardiometabólico saludable respecto a colesterol total. Tenemos entonces que las diferencias en la cantidad de masa muscular en relación a la masa grasa influyen en parámetros como el colesterol HDL que determinan riesgo cardiometabólico (Benton et al., 2011; Volaklis et al., 2015) y esto va acorde a los resultados de nuestro estudio.

Las mujeres presentaron rangos de IMG más bajos respecto a los hombres y una variabilidad más baja, estos hallazgos van acorde con lo reportado por Frisancho (Frisancho, 1981, 1984) en cuanto a las diferencias en la masa grasa y muscular en hombres y mujeres. Los valores más grandes de IMG se encuentran para personas entre los 20 a 30 años, pero se evidencia mayor dispersión y los valores más bajos del IMG se

presentaron en personas de más de 50 años (IMG 0.54), esto sucede porque el envejecimiento por sí sólo trae cambios negativos en este tejido (Charlier et al., 2016; Zeng et al., 2016) que se pueden observar en una menor masa muscular esquelética apendicular, una menor fuerza de agarre y fragilidad; esta disminución es significativa en hombres y mujeres después de los 45 años (Janssen et al., 2000) donde existe mayor probabilidad de desarrollar obesidad sarcopénica, caracterizada por la disminución de la masa muscular y aumento del tejido adiposo (Ferrara et al., 2014). El pico de masa muscular esquelética generalmente se alcanza dentro de las primeras tres décadas de vida y luego comienza a disminuir progresivamente a lo largo de la vida útil restante. La masa muscular se pierde en el transcurso del envejecimiento saludable a partir de los 30 años. Esta pérdida se acelera a una tasa de aproximadamente 1% por año después de los 65 años, y se asocia con una pérdida de fuerza (Frontera et al., 2000; Goodpaster et al., 2006).

En nuestra población existe una correlación positiva estadísticamente significativa entre IMG y colesterol HDL ($r=0.01$, $P < 0,05$), los niveles de colesterol HDL normales se encontraron en un rango de IMG de (0.61-1.89); en este caso el HDL presenta niveles más altos con IMG más altos (2.51) tanto para hombres y mujeres, es decir que aquellos hombres y mujeres con mayor masa muscular presentan mayores valores de colesterol HDL, sin embargo, para el caso de las mujeres, el promedio de colesterol HDL (mg / dl) fue mayor en comparación con los hombres y esto no se explica solamente por el valor de IMG mayor sino por el papel que ejercen los estrógenos en un mejor resultado de perfil lipídico, efecto que no tienen los hombres al tener un nivel mayor de testosterona. No se encontraron correlaciones estadísticamente significativas con los niveles de hemoglobina glicosilada, cuyos valores normales en la población evaluada se encuentran en un rango de IMG de (0.67-2.51).

Adicionalmente, se encontró una correlación positiva estadísticamente significativa entre IMG y triglicéridos ($r=0.04$, $P < 0,05$) sin embargo, para este caso al igual que con el colesterol LDL y el colesterol total no se puede establecer un IMG adecuado porque son los resultados que más variaciones tienen para su respectivo IMG, ya que los valores están

en los extremos, siendo o los más bajos o los más altos [0.54-2.51]. Adicionalmente, se evidencia que en nuestra población, los hombres tienen un mayor promedio de triglicéridos (mg / dl) y una variabilidad más amplia, al igual que IMG más altos, por lo tanto, se deben realizar mas investigaciones, estudiando este nuevo hallazgo correlacionándolo con valores alterados de testosterona en cualquiera de los extremos, que se relacionan con alteraciones de la glucosa, colesterol y triglicéridos elevados y bajos niveles de colesterol HDL (Kelly et al., 2013), todo esto para determinar si este resultado es clínicamente significativo de acuerdo a la magnitud de los cambios verificables.

Estos resultados revelan que valores de IMG de (0.61-2.51), es decir, un individuo por cada kg de MG que tenga mínimo 0.61 kg hasta 2.51 kg de MM presenta menor riesgo cardiometabólico con valores de colesterol HDL y colesterol total dentro de los niveles normales. Las relaciones encontradas entre el IMG y la composición corporal están en consonancia con los resultados publicados por Ramírez-Vélez, Xu K y Chen Y-Y (Chen et al., 2019; Ramírez-Vélez et al., 2018; XU et al., 2018) en sujetos de 18,1 a 25,1 y de 20 a 80 años, respectivamente quienes demostraron que la relación grasa-músculo es un buen discriminatorio para detectar componentes del síndrome metabólico como aumento de la presión arterial, niveles anormales de colesterol o triglicéridos, glucosa alta en la sangre y exceso de grasa corporal en adultos jóvenes colombianos. Con base en lo anterior, se pone a discusión la necesidad de replantear el uso de medidas absolutas como peso y talla, e índices no objetivos como IMC, ICC, ICT o MG, pues por sí solos no dan respuestas en el riesgo cardiometabólico.

Nuestros resultados son consistentes con hallazgos recientes que indican que la relación entre grasa y músculo es un predictor de síndrome metabólico en adultos (Ramírez-Vélez et al., 2016; XU et al., 2018). En este contexto, Xu et al. (XU et al., 2018) demostró que la relación grasa músculo era altamente predictiva de síndrome metabólico en una cohorte china de 4553 casos de MetS, donde los participantes del estudio tenían entre 20 y 80 años. Del mismo modo, Chen Y-Y (Chen et al., 2019) encontró que la relación grasa músculo es un fuerte discriminador para detectar síndrome metabólico y riesgo cardiovascular en adultos chinos. Sin embargo, en todos estos estudios se evaluaron teniendo en cuenta los componentes del síndrome metabólico y, además, hay diferencias en la etnia, el rango de edad y el estilo de vida de las poblaciones de estudio investigadas

por lo que los resultados no son comparables. Pero si se resalta que para disminuir el riesgo de ENT es importante disminuir la grasa corporal pero también es necesaria una cantidad adecuada de masa muscular, o un aumento en este tejido para obtener beneficios en cuanto a salud metabólica (León-ariza et al., 2018). Los mecanismos exactos a través de los cuales la proporción de masa grasa a músculo determina riesgo cardiometabólico no se han dilucidado aún, pero el aumento de la masa muscular puede producir cambios metabólicos y estructurales que mejoran la sensibilidad a la insulina muscular y proporciona un mejor control glucémico (León-ariza et al., 2018).

Como resultados adicionales se encontró que existe una correlación negativa estadísticamente significativa entre Colesterol total y HDL ($r=-0.03$) con $P < 0,05$. El valor de colesterol total depende de la suma del colesterol LDL y el colesterol HDL por lo que uno pensaría que al igual que con el colesterol LDL ($r=0.95$), se tendría una relación lineal, es decir, que a medida que el colesterol HDL aumenta, el colesterol total también lo hace, sin embargo, el colesterol de alta densidad (HDL) más conocido como “colesterol bueno” es el encargado de transportar el colesterol de otras partes del cuerpo de vuelta al hígado, para reciclarlo o eliminarlo, manteniendo así, la homeostasis del cuerpo y disminuyendo los niveles de colesterol total en sangre y por ende, el riesgo cardiometabólico (Biblioteca Nacional de Medicina de los EE.UU., 2019).

En esta investigación realizada en Bogotá DC, una ciudad con población heterogénea parece que la cantidad de MG y MM relacionada en el IMG es un condicionante de los resultados bioquímicos. Como resultado principal de esta investigación se encontró que hubo una diferencia estadísticamente significativa con valores de colesterol HDL ($r=0.01$, $P < 0,05$), colesterol total y triglicéridos ($r=0.04$, $P < 0,05$), pero no hubo una diferencia estadísticamente significativa del IMG con los resultados de hemoglobina glicosilada o colesterol LDL. Resultados similares a los encontrados por Ramírez-Vélez, Xu K y Chen Y-Y (Chen et al., 2019; Ramírez-Vélez et al., 2018; XU et al., 2018). Por otro lado, dado que la masa grasa y la masa muscular pueden medirse fácilmente mediante análisis de antropometría de 5 componentes, el IMG puede usarse como un predictor de alteraciones del perfil lipídico especialmente. Su facilidad de uso lo convierte en una medida de

evaluación complementaria útil que podría ayudar a los profesionales de la salud a detectar tempranamente riesgo de ENT en población adulta.

9. Conclusiones

En conclusión, nuestros hallazgos respaldan la hipótesis de que la relación conjunta entre MM y MG tiene un poder discriminatorio para detectar riesgo cardiometabólico en adultos. Este estudio es un punto de partida para su uso en la práctica clínica para predecir riesgo de alteraciones en variables bioquímicas como colesterol total y colesterol HDL. Teniendo en cuenta que son factores predisponentes de ENT en adultos y son un problema importante de salud pública, este estudio es especialmente relevante ya que proporciona un indicador novedoso para la identificación temprana de riesgo cardiometabólico que es fácil de calcular y adecuado para el tamizaje a nivel poblacional.

Pese a no encontrar significancia estadística sobre las variables hemoglobina glicosilada y colesterol LDL, los valores de grasa elevados y cantidad de masa muscular baja se relacionaron con valores elevados de estos parámetros bioquímicos, resultados similares a los encontrados en la literatura.

10. Consideraciones

Para futuras investigaciones se requiere una muestra representativa y aleatorizada de la ciudad de Bogotá para evitar posibles sesgos y para contrastar los resultados obtenidos de este estudio con un número de participantes que representen el universo, ya que los resultados obtenidos no son generalizables, solo se circunscriben al grupo involucrado en el estudio.

Se requieren estudios que discriminen el comportamiento del IMG y de cada una de las variables bioquímicas por sexo y rangos de edad específicos primordialmente en lo referido al envejecimiento, la etapa pre-menopáusica y menopáusica por la implicación hormonal en el desarrollo de la masa muscular.

Los futuros estudios deben también relacionar los valores de MM con niveles de fuerza en sus diferentes expresiones.

A. Anexo: Consentimiento informado

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO	
 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE BOGOTÁ</p>	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA FACULTAD DE MEDICINA DEPARTAMENTO DE MOVIMIENTO CORPORAL HUMANO MAESTRÍA EN FISIOTERAPIA DEL DEPORTE Y LA ACTIVIDAD FÍSICA</p>
<p>Este Consentimiento informado se dirige a hombres y mujeres, mayores de edad, con alguna relación con la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, invitados a participar en el estudio: RELACIÓN ENTRE MASA MUSCULAR / MASA GRASA (ÍNDICE MUSCULAR GRASO) Y RIESGO CARDIOMETABÓLICO EN ADULTOS DE 20 A 60 AÑOS APARENTEMENTE SANOS DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C realizado bajo la dirección de la Profesora Mary Luz Ocampo Plazas.</p> <p>Ciudad _____</p> <p>Yo _____, mayor de edad e identificado con C.C. _____ de _____, actuando en nombre propio o como representante legal de _____.</p> <p>HAGO CONSTAR</p> <p>Que he sido informado hoy _____, acerca de mi participación en la realización de la presente investigación; así mismo se me ha informado que se realizará una prueba antropométrica y dos muestras de sangre venosa al inicio del estudio para obtener datos de Hb glucosilada y perfil lipídico sanguíneo (triglicéridos, colesterol total, HDL - col y LDL - col) realizados por el Laboratorio Clínico IDIME cuyos costos serán asumidos por el</p>	

macroproyecto. Que debido a la naturaleza de la investigación los riesgos que asumo son mínimos, primordialmente asociados a la toma de muestras sanguíneas. Se me ha explicado que el acceso a mi historia clínica y los datos producto de la evaluación serán manejados de forma confidencial y serán publicados sin revelar mi identidad, también he sido informado sobre mi derecho a rechazar mi participación en el proceso o revocar este consentimiento, y sobre las consecuencias posibles de esta determinación. En cuyo caso podré presentar mi queja ante el investigador principal, Mary Luz Ocampo Plazas (mlocampop@unal.edu.co) (Tel: 3165000 Ext: 15170). Se me permitió preguntar y aclarar las dudas generadas sobre el estudio, mi participación y los beneficios que obtendré como lo son la caracterización y estratificación de mi riesgo cardiometabólico y adquirir recomendaciones específicas según sea el caso.

.....


Por lo anterior, **doy mi consentimiento** para mi participación en la presente investigación.

Firma del participante o representante legal

Firma Testigo

Firmado en _____ a los ___ días del mes de _____ del _____.

B. Anexo: Valoración inicial

FORMULARIO DE VALORACIÓN INICIAL	
 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE BOGOTÁ</p>	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA FACULTAD DE MEDICINA DEPARTAMENTO DE MOVIMIENTO CORPORAL HUMANO MAESTRÍA EN FISIOTERAPIA DEL DEPORTE Y LA ACTIVIDAD FÍSICA</p>
Nombre completo: _____ Edad (años): _____ Sexo: F___ M___	
Fecha: _____	
Para las preguntas a continuación marque con una X según sea el caso:	
.....	
HISTORIAL / USTED HA TENIDO:	
<input type="checkbox"/> Ataque cardiaco	
<input type="checkbox"/> Cirugía del corazón	
<input type="checkbox"/> Cateterización cardiaca	
<input type="checkbox"/> Angioplastia coronaria (PTCA)	
<input type="checkbox"/> Marcapaso / implante cardiaco	
<input type="checkbox"/> Desfibrilador / disturbios del ritmo	
<input type="checkbox"/> Enfermedad de las válvulas del corazón	
<input type="checkbox"/> Falla cardiaca	
<input type="checkbox"/> Trasplante del corazón	
<input type="checkbox"/> Enfermedad cardiaca congénita	
<input type="checkbox"/> Ninguna de las anteriores	
.....	
SÍNTOMAS / USTED HA TENIDO:	
<input type="checkbox"/> Siente molestia en el pecho cuando realiza esfuerzos	
<input type="checkbox"/> Experimenta dificultades en la respiración sin razón alguna	
<input type="checkbox"/> Experimenta mareos, se ha desmayado o perdido el conocimiento	

- Tiene hinchazón en el tobillo
- Tiene la sensación incómoda de un pulso fuerte o rápido
- Toma medicamentos para el corazón
- Ninguna de las anteriores

.....

OTROS POSIBLES PROBLEMAS DE SALUD / USTED HA TENIDO:

- Diabetes
- Asma o cualquier otra enfermedad pulmonar
- Sensación de quemazón o calambres en las piernas cuando camina distancias cortas
- Problemas osteomusculares que limitan la actividad física
- Toma medicamentos prescritos
- Embarazo
- Ninguna de las anteriores

.....

FACTORES DE RIESGO CARDIOVASCULARES / USTED:

- Es hombre \geq de 45 años
- Es mujer \geq de 55 años y tuvo una histerectomía o está en etapa posmenopausia
- Fuma o dejó de fumar en los últimos seis meses
- No conoce cuál es su presión arterial
- Toma medicamentos para la presión arterial
- Tiene un familiar cercano que ha sufrido un ataque al corazón antes de los 55 años (padre o hermano) o antes de los 65 años (madre o hermana)
- Es sedentaria (o) (ejemplo: hace menos de 30 minutos de actividad física mínimo tres veces por semana)
- Tiene un familiar cercano que ha sufrido un ataque al corazón antes de los 55 años (padre o hermano) o antes de los 65 años (madre o hermana)
- Es prediabético
- Ninguna de las anteriores

.....

SEÑALE TODAS LAS MEDICINAS QUE HAYA USADO EN LOS ÚLTIMOS 6 MESES:

- Digitales
- Anticoagulantes
- Diuréticos
- Insulina
- Hormonales
- Antidepresivos

- Antiinflamatorios
- Para la presión arterial
- Relajantes musculares
- Esteroides
- Ninguna de las anteriores

.....

ANTECEDENTES FAMILIARES (Primer y segundo grado de consanguinidad: padres, hermanos, hijos, abuelos y nietos):

- Cáncer
- Arritmia cardiaca
- Diabetes
- Hipertensión arterial
- Enfermedad cerebrovascular
- Dislipidemias
- Hipoglicemia
- Ninguna de las anteriores

Si contesta cáncer, especifique ¿qué cáncer (colon, estómago, seno? _____

.....

¿TOMA ALGÚN MEDICAMENTO PRESCRITO ACTUALMENTE?

SI NO

Si contesta SI, especifique cuál o cuáles _____

C. Anexo: Indicaciones de toma de medidas antropométricas

Previo a la valoración antropométrica los participantes fueron instruidos para cumplir con las siguientes recomendaciones:

- ✓ No comer ni beber **comidas grandes** en las 3 horas previas a la medición.
- ✓ No realizar ejercicio extenuante 12 horas antes de la medición.
- ✓ Defecar el día de la medición.
- ✓ Orinar antes de la medición.
- ✓ No consumir alcohol 48 horas antes de la medición.
- ✓ No tomar diuréticos 7 días antes. (Si usualmente toma este tipo de medicamentos prescritos por un médico, no debe dejar de consumirlos, pero sí debe informar el día de la medición sobre su consumo).
- ✓ Si se encuentra en la fase lútea (fase del ciclo menstrual que empieza después de la ovulación y va hasta el día previo al siguiente periodo menstrual) debe informar esto el día de la medición porque se puede presentar retención de líquidos.

Las instrucciones presentadas a continuación para la valoración antropométrica fueron tomadas del Protocolo Internacional para la Valoración Antropométrica de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría ISAK Nivel II (Stewart et al., 2011), y el material fotográfico fue creado para el desarrollo del presente estudio.

Marcación de puntos anatómicos:



Respectivamente marcación de puntos *Acromiale*, punto en el borde superior de la parte más lateral del acromión; *Radiale*, punto en el borde proximal y lateral de la cabeza del radio; *Acromiale-radiale medio*, punto equidistante entre las marcas acromiale y radiale; *Punto del pliegue del tríceps*, punto en la cara posterior del brazo, en la línea media a nivel de la marca correspondiente al acromiale-radiale medio; *Punto del pliegue del bíceps*, punto en la superficie anterior del brazo, a nivel de la marca correspondiente al acromiale-radiale medio en mitad del vientre muscular del bíceps braquial; *Subscapulare*, punto más bajo del ángulo inferior de la escápula y *Punto del pliegue subescapular*, punto localizado a 2cm a lo largo de una línea que va hacia debajo de forma lateral y oblicua en el ángulo de 45 grados desde la marca subscapulare.



Respectivamente marcación de puntos *Mesosternale*, punto medio del cuerpo del esternón a nivel del centro de la articulación de la cuarta costilla con el esternón (articulación condroesternal); *Iliocrestale*, punto más superior de la cresta iliaca que coincide con el lugar de cruce de la línea axilar media llevada hasta el ilion; *Punto del pliegue de la cresta iliaca*, punto justo por encima de la marca iliocrestale; *Ilioespinal*, punto más inferior de la

espina ilíaca antero-superior; *Punto del pliegue supraespinal*, punto resultante de la intersección de dos líneas (línea desde la marca ilioespinal hasta el borde axilar anterior y la línea horizontal a nivel de la marca iliocristale); *Punto del pliegue abdominal*, punto localizado horizontalmente a 5cm en el lado derecho del omphalion (punto medio del ombligo).



Respectivamente marcación de puntos *Patellare*, punto medio en la zona posterior del borde superior de la rótula; *Punto del pliegue del muslo anterior*, punto medio entre el pliegue inguinal y el punto patellare; *Punto del pliegue de la pierna medial*, punto en la cara más medial de la pantorrilla a nivel de la circunferencia máxima.

Toma de medidas básicas:



Respectivamente toma de medidas básicas *Masa corporal-peso*, sujeto permanece de pie en el centro de la báscula sin apoyo y con su peso distribuido equitativamente en ambos pies; *Talla o estatura*, distancia perpendicular entre los planos transversales del punto del vertex y el inferior de los pies, el sujeto está de pie con talones juntos, y parte superior de la espalda, glúteos y talones en contacto con la escala mientras la cabeza se encuentra en plano de Frankfort (punto Orbitale-borde inferior de la cuenca del ojo- está en el mismo plano horizontal del punto del tragion-muesca superior del trago de la oreja).



Toma de medidas básicas *Talla sentado*, distancia perpendicular entre los planos transversales del punto del vertex y la región inferior de las nalgas con el sujeto sentado, el sujeto está sentado sobre el cajón antropométrico, las manos descansan sobre los muslos, el sujeto realiza una inspiración profunda manteniendo la respiración mientras mantiene la cabeza en el plano de Frankfort.

Medición de pliegues cutáneos:

Cada punto de cada pliegue fue localizado cuidadosamente empleando la marca anatómica correcta marcando la piel con un lapiz dermatográfico. Cada pliegue se tomó con los dedos índice y pulgar de la mano izquierda en el lugar marcado consiguiendo una doble capa de piel y de tejido subcutáneo teniendo cuidado de no incorporar tejido muscular en la medición. Las ramas de contacto del adipómetro se aplicaron a 1 cm del extremo de los dedos pulgar e índice y se sostuvo formando un ángulo de 90 grados con la superficie del

lugar anatómico a medir. La lectura se registra 2 segundos después de aplicar la presión total del adipómetro.



Respectivamente medición de pliegues cutáneos *Bíceps*, tomada en paralelo al eje longitudinal del brazo en el punto del pliegue del bíceps; *Tríceps*, tomada en paralelo al eje longitudinal del brazo en el punto del pliegue del tríceps; *Subescapular*, tomada oblicuamente hacia abajo en el punto del pliegue subescapular.



Respectivamente medición de pliegues cutáneos *Cresta Iliaca*, tomado casi horizontalmente en el punto del pliegue de la cresta iliaca; *Supraespinal*, tomada oblicua y medialmente hacia abajo en el punto del pliegue supraespinal; *Abdominal*, tomado verticalmente en el punto del pliegue abdominal.



Respectivamente medición de pliegues cutáneos *Muslo anterior*, tomada en paralelo al eje longitudinal del muslo en el punto del pliegue del muslo anterior; *Pierna medial*, tomada verticalmente en el punto del pliegue de la pierna medial.

Medición de perímetros corporales:

Cada perímetro fue medido con la técnica de manos cruzadas, sosteniendo la caja con la mano derecha y el extremo con la mano izquierda. De frente a la superficie que va a ser medida, se pasa el extremo de la cinta por detrás de la extremidad o tronco y sosteniendo el mismo con la mano derecha que a su vez sostiene el extremo y el estuche de la cinta con suficiente tensión para mantenerla en posición. Con la mano izquierda libre se manipula la cinta y se ajusta al nivel apropiado. Para hacer la lectura los ojos están a la altura de la cinta y directamente sobre el cero para evitar errores de inclinación.



Respectivamente medición de perímetros corporales *Cabeza*, tomada inmediatamente por encima de la glabella y perpendicular al eje longitudinal de la cabeza; *Brazo relajado*, tomada a nivel del punto acromiale-radiale medio, perpendicular al eje longitudinal del brazo; *Brazo flexionado y en contracción*, tomado perpendicular a su eje longitudinal a nivel punto más alto del bíceps braquial contraído, estando el brazo elevado delante del cuerpo de forma horizontal.



Respectivamente medición de perímetros corporales *Antebrazo*, tomada en el perímetro máximo del antebrazo perpendicular a su eje longitudinal, distal a los epicóndilos humerales; *Muñeca*, tomada en el perímetro mínimo de la muñeca perpendicular al eje longitudinal del antebrazo, distal a las apófisis estiloides; *Pecho o tórax*, tomado a nivel del punto mesosternale perpendicular al eje longitudinal del tórax.



Respectivamente medición de perímetros corporales *Cintura*, tomada en el perímetro del abdomen en su punto más estrecho, entre el borde costal lateral inferior (10ma costilla) y la parte superior de la cresta iliaca perpendicular al eje longitudinal del tronco; *Glúteo (caderas)*, tomada en el perímetro de las nalgas a nivel de la prominencia posterior máxima, perpendicular al eje longitudinal del tronco; *Muslo (1cm)*, tomado a nivel del perímetro del muslo 1cm por debajo del pliegue del glúteo, perpendicular al eje longitudinal.



Respectivamente medición de perímetros corporales *Muslo medio*, tomada en el perímetro del muslo medio a nivel del punto muslo medio; *Pierna*, tomada en el perímetro de la pierna, distal a las apófisis estiloides; *Pecho o tórax*, tomado a nivel del punto del pliegue de la pierna medial, perpendicular a su eje longitudinal.

Medición de diámetros corporales:

Cada diámetro fue medido con los calibres descansando en la superficie dorsal de las manos mientras los pulgares lo hacen en la parte interior de las ramas del calibre y los dedos índices extendidos en el exterior. La medición se registra cuando el calibre está en su sitio con una presión constante de los dedos índices.



Respectivamente medición de diámetros corporales *Biacromial*, midiendo la distancia lineal entre las zonas más laterales del acromión; *Biiliocrestal*, midiendo la distancia lineal entre los puntos más laterales de las crestas iliacas; *Transverso de tórax*, tomado en un eje transversal cuando el antropómetro está en un plano inclinado a la altura del punto mesosternale y las ramas con una inclinación posterior descendente de 30 grados.



Respectivamente medición de diámetros corporales *Anteroposterior del tórax*, midiendo el diámetro del tórax en un eje anteroposterior, perpendicular a su eje longitudinal al nivel del punto mesosternale; *Biepicondíleo del húmero*, midiendo la distancia lineal entre las zonas más laterales de los epicóndilos lateral y medial del húmero; *Bioestiloideo*, midiendo la distancia lineal entre las zonas más externas de las apófisis estiloides del cúbito y el radio.



Medición de diámetro corporal *Biepicondíleo de fémur*, midiendo la distancia lineal entre los epicóndilos lateral y medial del fémur.

D. Anexo: Recursos y costos

Rubro	2019	Gasto asumido por:			Valor total
		<i>Investigador</i>	<i>Universidad Nacional</i>	<i>Préstamo Ministerio del Deporte</i>	
Recurso Humano					
Director de tesis	13.700.000		13.700.000		13.700.000
Nutricionista investigador	6.500.000	6.500.000			6.500.000
Investigador auxiliar	1.000.000	1.000.000			1.000.000
Estadístico	400.000	400.000			400.000
Materiales y equipos					
Báscula Tanita® TB 300 A, Japón, precisión 100 gramos, g	349.000	349.000			349.000
Adipómetro Harpenden® CE, Inglaterra, precisión 0,1 milímetros, mm	2.465.089	2.465.089			2.465.089
Tallímetro Seca®, precisión 1 milímetro, mm	950.000			950.000	950.000

Cinta métrica Rosscraft® ORC, USA, precisión 1 milímetro, mm	30.000	30.000			30.000
Antropómetros Rosscraft®, Campbell caliper, USA, precisión 1 milímetro, mm	4.982.000			4.982.000	4.982.000
Bioquímica sanguínea	2.987.750	2.284.750	703.000		2.987.750
Insumos y suministros					
Papelería	150.000	150.000			150.000
Transporte	500.000	500.000			500.000
TOTAL					<u>34.013.839</u>

Bibliografía

- Alvero-Cruz, J. (2011). La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal: normas prácticas de utilización. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 4(4), 167–174. <https://doi.org/10.36104/amc.2018.1400>
- An, K. O., & Kim, J. (2016). Association of Sarcopenia and Obesity With Multimorbidity in Korean Adults: A Nationwide Cross-Sectional Study. *Journal of the American Medical Directors Association*, 17(10), 960.e1-960.e7. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2016.07.005>
- Anderson, G. S. (1999). Human morphology and temperature regulation. *International Journal of Biometeorology*, 43(3), 99–109. <https://doi.org/10.1007/s004840050123>
- Argilés, J. M., López-Soriano, J., Almendro, V., Busquets, S., & López-Soriano, F. J. (2005). Cross-talk between skeletal muscle and adipose tissue: A link with obesity? *Medicinal Research Reviews*, 25(1), 49–65. <https://doi.org/10.1002/med.20010>
- Arvandi, M., Strasser, B., Meisinger, C., Volaklis, K., Gothe, R. M., Siebert, U., Ladwig, K. H., Grill, E., Horsch, A., Laxy, M., Peters, A., & Thorand, B. (2016). Gender differences in the association between grip strength and mortality in older adults: results from the KORA-age study. *BMC Geriatrics*, 16(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12877-016-0381-4>
- Ashwell, M., Mayhew, L., Richardson, J., & Rickayzen, B. (2014). Waist-to-height ratio is more predictive of years of life lost than body mass index. *PLoS ONE*, 9(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103483>
- Barquilla García, A., Mediavilla Bravo, J. J., Comas Samper, J. M., Seguí Díaz, M., Carramiñana Barrera, F., & Zaballos Sánchez, F. J. (2010). Recomendaciones de la Sociedad Americana de Diabetes para el manejo de la diabetes mellitus. *Semergen*, 36(7), 386–391. <https://doi.org/10.1016/j.semerg.2010.03.008>
- Benton, M. J., Whyte, M. D., & Dyal, B. W. (2011). Sarcopenic obesity: Strategies for management. *American Journal of Nursing*, 111(12), 38–44. <https://doi.org/10.1097/01.NAJ.0000408184.21770.98>
- Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos. Colesterol, triglicéridos y hemoglobina glicosilada. *MedLine plus*, disponible en <https://medlineplus.gov/>.
- Buscemi J A. Sarcopenia, Sarcopenic Obesity and Insulin Resistance. En: Buscemi S,

- Batsis J. editores. Medical Complications of Type 2 Diabetes. Book edited by Collen Croniger. Shanghai; 2011. p . 235-56.
- Cai, L., Liu, A., Zhang, Y., & Wang, P. (2013). Waist-to-Height Ratio and Cardiovascular Risk Factors among Chinese Adults in Beijing. *PLoS ONE*, *8*(7), 3–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069298>
- Casale, M., von Hurst, P. R., Beck, K. L., Shultz, S., Kruger, M. C., O'Brien, W., Conlon, C. A., & Kruger, R. (2016). Lean mass and body fat percentage are contradictory predictors of bone mineral density in pre-menopausal Pacific Island women. *Nutrients*, *8*(8). <https://doi.org/10.3390/nu8080470>
- Charlier, R., Knaeps, S., Mertens, E., Van Roie, E., Delecluse, C., Lefevre, J., & Thomis, M. (2016). Age-related decline in muscle mass and muscle function in Flemish Caucasians: a 10-year follow-up. *Age*, *38*(2). <https://doi.org/10.1007/s11357-016-9900-7>
- Chen, Y. Y., Fang, W. H., Wang, C. C., Kao, T. W., Yang, H. F., Wu, C. J., Sun, Y. S., Wang, Y. C., & Chen, W. L. (2019). Fat-to-muscle ratio is a useful index for cardiometabolic risks: A population-based observational study. *PLoS ONE*, *14*(4), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214994>
- De Gonzalez, A. B., Hartge, P., Cerhan, J. R., Flint, A. J., Hannan, L., MacInnis, R. J., Moore, S. C., Tobias, G. S., Anton-Culver, H., Freeman, L. B., Beeson, W. L., Clipp, S. L., English, D. R., Folsom, A. R., Freedman, D. M., Giles, G., Hakansson, N., Henderson, K. D., Hoffman-Bolton, J., ... Thun, M. J. (2010). Body-mass index and mortality among 1.46 million white adults. *New England Journal of Medicine*, *363*(23), 2211–2219. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1000367>
- Demura, S., Yamaji, S., Goshi, F., Kobayashi, H., Sato, S., & Nagasawa, Y. (2002). The validity and reliability of relative body fat estimates and the construction of new prediction equations for young Japanese adult males. *Journal of Sports Sciences*, *20*(2), 153–164. <https://doi.org/10.1080/026404102317200864>
- Ding, Q. F., Hayashi, T., Zhang, X. J., Funami, J., Ge, L., Li, J., Huang, X. L., Cao, L., Zhang, J., & Akihisa, I. (2007). Risks of CHD identified by different criteria of metabolic syndrome and related changes of adipocytokines in elderly postmenopausal women. *Journal of Diabetes and Its Complications*, *21*(5), 315–319. <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2006.03.005>
- Eikelis, N., Lambert, E. A., Phillips, S., Sari, C. I., Mundra, P. A., Weir, J. M., Huynh, K., Grima, M. T., Straznicky, N. E., Dixon, J. B., Schlaich, M. P., Meikle, P. J., & Lambert, G. W. (2017). Muscle sympathetic nerve activity is associated with elements of the plasma lipidomic profile in young asian adults. *Journal of Clinical Endocrinology and*

- Metabolism*, 102(6), 2059–2068. <https://doi.org/10.1210/jc.2016-3738>
- Erskine, R. M., Tomlinson, D. J., Morse, C. I., Winwood, K., Hampson, P., Lord, J. M., & Onambélé, G. L. (2017). The individual and combined effects of obesity- and ageing-induced systemic inflammation on human skeletal muscle properties. *International Journal of Obesity*, 41(1), 102–111. <https://doi.org/10.1038/ijo.2016.151>
- Ferrara, L. A., Capaldo, B., Mancusi, C., Lee, E. T., Howard, B. V., Devereux, R. B., & de Simone, G. (2014). Cardiometabolic risk in overweight subjects with or without relative fat-free mass deficiency: The Strong Heart Study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 24(3), 271–276. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2013.08.009>
- Flegal, K. M., Kit, B. K., & Orpana, H. (2015). *Association of All-Cause Mortality*. 309(1), 71–82.
- Frisancho, A. R. (1981). New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *American Journal of Clinical Nutrition*, 34(11), 2540–2545. <https://doi.org/10.1093/ajcn/34.11.2540>
- Frisancho, A. R. (1984). New standards of weight and body composition by frame size and height for assessment of nutritional status of adults and the elderly. *American Journal of Clinical Nutrition*, 40(4), 808–819. <https://doi.org/10.1093/ajcn/40.4.808>
- Frontera, W. R., Hughes, V. A., Fielding, R. A., Fiatarone, M. A., Evans, W. J., & Roubenoff, R. (2000). Aging of skeletal muscle: A 12-yr longitudinal study. *Journal of Applied Physiology*, 88(4), 1321–1326. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.4.1321>
- Galletti, F., Barbato, A., Versiero, M., Iacone, R., Russo, O., Barba, G., Siani, A., Cappuccio, F. P., Farinero, E., Valle, E. Della, & Strazzullo, P. (2007). Circulating leptin levels predict the development of metabolic syndrome in middle-aged men: An 8-year follow-up study. *Journal of Hypertension*, 25(8), 1671–1677. <https://doi.org/10.1097/HJH.0b013e3281afa09e>
- Gerstner, G. R., Thompson, B. J., Rosenberg, J. G., Sobolewski, E. J., Scharville, M. J., & Ryan, E. D. (2017). Neural and Muscular Contributions to the Age-Related Reductions in Rapid Strength. In *Medicine and Science in Sports and Exercise* (Vol. 49, Issue 7). <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001231>
- Gobato, A. O., Vasques, A. C., Porto Zambon, Um., De Azevedo Barros, A., & Hessel, G. (2014). Metabolic syndrome and insulin resistance in migraine. *Journal of Headache and Pain*, 32(1), 55–62. <https://doi.org/10.1007/s10194-012-0416-y>
- Goodpaster, B. H., Study, for the H. A. B. C., Park, S. W., Study, for the H. A. B. C., Harris, T. B., Study, for the H. A. B. C., Kritchevsky, S. B., Study, for the H. A. B. C., Nevitt,

- M., Study, for the H. A. B. C., Schwartz, A. V., Study, for the H. A. B. C., Simonsick, E. M., Study, for the H. A. B. C., Tylavsky, F. A., Study, for the H. A. B. C., Visser, M., Study, for the H. A. B. C., Newman, A. B., & Study, for the H. A. B. C. (2006). The Loss of Skeletal Muscle Strength, Mass, and Quality in Older Adults: The Health, Aging and Body Composition Study. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(10), 1059–1064.
- Goodpaster BH, Brown NF. Skeletal muscle lipid and its association with insulin resistance: what is the role for exercise? *Exerc Sport Sci Rev*. 2005; 33(3): 150-4.
- Guillet, C., & Boirie, Y. (2005). Insulin resistance: A contributing factor to age-related muscle mass loss? *Diabetes and Metabolism*, 31(SPEC. ISS. 2), 5S20-5S26. [https://doi.org/10.1016/s1262-3636\(05\)73648-x](https://doi.org/10.1016/s1262-3636(05)73648-x)
- He, H., Liu, Y., Tian, Q., Papasian, C. J., Hu, T., & Deng, H. W. (2016). Relationship of sarcopenia and body composition with osteoporosis. *Osteoporosis International*, 27(2), 473–482. <https://doi.org/10.1007/s00198-015-3241-8>
- Hébuterne, X., Bermon, S., & Schneider, S. M. (2001). Ageing and muscle: The effects of malnutrition, re-nutrition, and physical exercise. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 4(4), 295–300. <https://doi.org/10.1097/00075197-200107000-00009>
- Hong, S., Chang, Y., Jung, H. S., Yun, K. E., Shin, H., & Ryu, S. (2017). Relative muscle mass and the risk of incident type 2 diabetes: A cohort study. *PLoS ONE*, 12(11), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188650>
- Hu, F. B. (2007). Obesity and Mortality: Watch Your Waist, Not Just Your Weight. *ARCH INTERN MED*, 167, 875–876. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199736362.013.0030>
- Hwang, Y. C., Cho, I. J., Jeong, I. K., Ahn, K. J., & Chung, H. Y. (2017). Differential association between sarcopenia and metabolic phenotype in Korean young and older adults with and without obesity. *Obesity*, 25(1), 244–251. <https://doi.org/10.1002/oby.21694>
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., Wang, Z. M., & Ross, R. (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *Journal of Applied Physiology*, 89(1), 81–88. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.1.81>
- Joon Cho, G., Hyun Lee, J., Tae Park, H., Ho Shin, J., Cheol Hong, S., Kim, T., Young Hur, J., Wan Lee, K., Kyun Park, Y., & Haeng Kim, S. (2008). Postmenopausal status according to years since menopause as an independent risk factor for the metabolic syndrome. *Menopause*, 15(3), 524–529.

- <https://doi.org/10.1097/gme.0b013e3181559860>
- Kelly DM, Jones TH. Testosterone: a metabolic hormone in health and disease. *J Endocrinol.* 2013 Apr 29;217(3):R25-45. doi: 10.1530/JOE-12-0455. PMID: 23378050.
- Kim, B. C., Kim, M. K., Han, K., Lee, S. Y., Lee, S. H., Ko, S. H., Kwon, H. S., Merchant, A. T., Yim, H. W., Lee, W. C., Park, Y. G., & Park, Y. M. (2015). Low muscle mass is associated with metabolic syndrome only in nonobese young adults: The Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2008-2010. *Nutrition Research*, 35(12), 1070–1078. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2015.09.020>
- Kim, D. J., Noh, J. H., Lee, B. W., Choi, Y. H., Chung, J. H., Min, Y. K., Lee, M. S., Lee, M. K., & Kim, K. W. (2008). The associations of total and differential white blood cell counts with obesity, hypertension, dyslipidemia and glucose intolerance in a Korean population. *Journal of Korean Medical Science*, 23(2), 193–198. <https://doi.org/10.3346/jkms.2008.23.2.193>
- Kim, G., Lee, S. E., Jun, J. E., Lee, Y. Bin, Ahn, J., Bae, J. C., Jin, S. M., Hur, K. Y., Jee, J. H., Lee, M. K., & Kim, J. H. (2018). Increase in relative skeletal muscle mass over time and its inverse association with metabolic syndrome development: A 7-year retrospective cohort study. *Cardiovascular Diabetology*, 17(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12933-018-0659-2>
- Kim, T. N., Lee, E. J., Hong, J. W., Kim, J. M., Won, J. C., Kim, M. K., Noh, J. H., Ko, K. S., Rhee, B. D., & Kim, D. J. (2016). Relationship between sarcopenia and albuminuria the 2011 Korea national health and nutrition examination survey. *Medicine (United States)*, 95(3), 1–7. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000002500>
- Kuriyan, R., Lokesh, D. P., Selvam, S., Jayakumar, J., Philip, M. G., Shreeram, S., & Kurpad, A. V. (2016). The relationship of endogenous plasma concentrations of β -Hydroxy β -Methyl Butyrate (HMB) to age and total appendicular lean mass in humans. *Experimental Gerontology*, 81, 13–18. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2016.04.013>
- Lao, X. Q., Thomas, G. N., Jiang, C. Q., Zhang, W., Yin, P., Adab, P., Lam, T. H., & Cheng, K. K. (2006). Association of the metabolic syndrome with vascular disease in an older Chinese population: Guangzhou Biobank Cohort Study. *J. Endocrinol. Invest.*, 29, 989–996.
- Lao, X. Q., Zhang, Y. H., & Sang Wong, M. C. (2012). The prevalence of metabolic syndrome and metabolic syndrome risk factors in adults in southern China. *BMC Public Health*, 12(1), 64. <https://doi.org/10.4278/ajhp.100415-QUAN-116>
- Lee, J., Hong, Y. P., Shin, H. J., & Lee, W. (2016). Associations of Sarcopenia and Sarcopenic obesity with metabolic syndrome considering both muscle mass and muscle strength. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 49(1), 35–44.

<https://doi.org/10.3961/jpmph.15.055>

- León-ariza, H. H., Mendoza-navarrete, M. P., Maldonado-arango, M. I., & Botero-rosas, D. A. (2018). Miocinas y regulación metabólica, una revisión sistemática. *Apunts.Org*, 53(200). <https://apunts.org/es-miocinas-regulacion-metabolica-una-revision-articulo-X0213371718634426>
- Mainous, A. G., Tanner, R. J., Anton, S. D., & Jo, A. (2016). Low grip strength and prediabetes in normal-weight adults. *Journal of the American Board of Family Medicine*, 29(2), 280–282. <https://doi.org/10.3122/jabfm.2016.02.150262>
- Marcell, T. J. (2003). *Sarcopenia: Causes, Consequences, and Preventions*. 58(10), 911–916.
- Müller, M. J., Lagerpusch, M., Enderle, J., Schautz, B., Heller, M., & Bosy-Westphal, A. (2012). Beyond the body mass index: Tracking body composition in the pathogenesis of obesity and the metabolic syndrome. *Obesity Reviews*, 13(SUPPL.2), 6–13. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2012.01033.x>
- Nevill, A. M., Stewart, A. D., Olds, T., & Holder, R. (2006). Relationship between adiposity and body size reveals limitations of BMI. *American Journal of Physical Anthropology*, 129(1), 151–156. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20262>
- OMS. (2018). *RIESGO DE MORTALIDAD PREMATURA DEBIDO A ENT (%)*. 2018.
- OMS, O. (2019). *Mortalidad Por Enfermedades No Transmisibles En Las Américas 2*.
- Pedersen, B. K., Åkerström, T. C. A., Nielsen, A. R., & Fischer, C. P. (2007). Role of myokines in exercise and metabolism. *Journal of Applied Physiology*, 103(3), 1093–1098. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00080.2007>
- Peterson, M. D., Duchowny, K., Meng, Q., Wang, Y., Chen, X., & Zhao, Y. (2017). Low Normalized Grip Strength is a Biomarker for Cardiometabolic Disease and Physical Disabilities among U.S. and Chinese Adults. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 72(11), 1525–1531. <https://doi.org/10.1093/gerona/glx031>
- Poggiogalle, E., Lubrano, C., Sergi, G., Coin, A., Gnessi, L., Mariani, S., Lenzi, A., & Donini, L. M. (2016). Sarcopenic obesity and metabolic syndrome in adult Caucasian subjects. *Journal of Nutrition, Health and Aging*, 20(9), 958–963. <https://doi.org/10.1007/s12603-015-0638-1>
- Ramírez-Vélez, R., Carrillo, H. A., Correa-Bautista, J. E., Schmidt-Riovalle, J., González-Jiménez, E., Correa-Rodríguez, M., González-Ruiz, K., & García-Hermoso, A. (2018).

- Fat-to-muscle ratio: A new anthropometric indicator as a screening tool for metabolic syndrome in young colombian people. *Nutrients*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/nu10081027>
- Ramírez-Vélez, R., Correa-Bautista, J. E., Lobelo, F., Izquierdo, M., Alonso-Martínez, A., Rodríguez-Rodríguez, F., & Cristi-Montero, C. (2016). High muscular fitness has a powerful protective cardiometabolic effect in adults: Influence of weight status. *BMC Public Health*, 16(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12889-016-3678-5>
- Rubio, M. A., Moreno, C., & Cabrerizo, L. (2004). Guías para el tratamiento de las dislipemias en el adulto: Adult Treatment Panel III (ATP-III). *Endocrinología y Nutrición*, 51(5), 254–265. [https://doi.org/10.1016/s1575-0922\(04\)74614-8](https://doi.org/10.1016/s1575-0922(04)74614-8)
- Schmidt, M., Johannesdottir, S. A., Lemeshow, S., Lash, T. L., Ulrichsen, S. P., Botker, H. E., & Sorensen, H. T. (2013). Obesity in young men, and individual and combined risks of type 2 diabetes, cardiovascular morbidity and death before 55 years of age: A danish 33-year follow-up study. *BMJ Open*, 3(4), 1–3. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2013-002698>
- Srikanthan, P., Hevener, A. L., & Karlamangla, A. S. (2010). Sarcopenia exacerbates obesity-associated insulin resistance and dysglycemia: Findings from the national health and nutrition examination survey III. *PLoS ONE*, 5(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010805>
- Srikanthan, P., Seeman, T. E., & Karlamangla, A. S. (2009). Waist-Hip-Ratio as a Predictor of All-Cause Mortality in High-Functioning Older Adults. *Annals of Epidemiology*, 19(10), 724–731. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2009.05.003>
- Stefanaki, C., Peppas, M., Boschiero, D., & Chrousos, G. P. (2016). Healthy overweight/obese youth: early osteosarcopenic obesity features. *European Journal of Clinical Investigation*, 46(9), 767–778. <https://doi.org/10.1111/eci.12659>
- Stewart, A., Marfell-Jones, M., Olds, Timothy., De Ridder, Hans. (2011). Protocolo internacional para la valoración antropométrica. *Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría ISAK*, ISBN 0-620-36207-3.
- Vaziri, Y., Bulduk, S., Shadman, Z., Bulduk, E. O., Hedayati, M., Koc, H., Er, F., & Erdogan, C. S. (2015). Lean body mass as a predictive value of hypertension in young adults, in Ankara, Turkey. *Iranian Journal of Public Health*, 44(12), 1643–1654.
- Voils, S. A., & Cooper-Dehoff, R. M. (2014). Association between high sensitivity C-reactive protein and metabolic syndrome in subjects completing the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2009-10. *Diabetes and Metabolic Syndrome: Clinical Research and Reviews*, 8(2), 88–90. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2014.04.021>

- Volaklis, K. A., Halle, M., & Meisinger, C. (2015). Muscular strength as a strong predictor of mortality: A narrative review. *European Journal of Internal Medicine*, 26(5), 303–310. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2015.04.013>
- Watanabe, K., Holobar, A., Kouzaki, M., Ogawa, M., Akima, H., & Moritani, T. (2016). Age-related changes in motor unit firing pattern of vastus lateralis muscle during low-moderate contraction. *Age*, 38(3). <https://doi.org/10.1007/s11357-016-9915-0>
- World Health Organisation (WHO). (2008). *WHO | Waist Circumference and Waist–Hip Ratio. Report of a WHO Expert Consultation. Geneva, 8-11 December 2008. December, 8–11*. <http://www.who.int>
- XU, K., ZHU, H. J., CHEN, S., CHEN, L., WANG, X., ZHANG, L. Y., PAN, L., WANG, L., FENG, K., WANG, K., DONG, F., WANG, D. M., YU, Y. W., PAN, H., & SHAN, G. L. (2018). Fat-to-muscle Ratio: A New Anthropometric Indicator for Predicting Metabolic Syndrome in the Han and Bouyei Populations from Guizhou Province, China. *Biomedical and Environmental Sciences*, 31(4), 261–271. <https://doi.org/10.3967/bes2018.034>
- Zeng, P., Han, Y., Pang, J., Wu, S., Gong, H., Zhu, J., Li, J., & Zhang, T. (2016). Sarcopenia-related features and factors associated with lower muscle strength and physical performance in older Chinese: A cross sectional study Physical functioning, physical health and activity. *BMC Geriatrics*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12877-016-0220-7>
- Zhong, L., Li, Q., Jiang, Y., Cheng, D., Liu, Z., Wang, B., Luo, R., Cheng, Q., & Qing, H. (2010). The ApoB/ApoA1 ratio is associated with metabolic syndrome and its components in a Chinese population. *Inflammation*, 33(6), 353–358. <https://doi.org/10.1007/s10753-010-9193-4>