



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN CIENCIAS MÉDICAS ODONTOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
FACULTAD DE MEDICINA

**“Valores de referencia de la masa muscular evaluada por DXA, por grupos de edad y sexo de una *cohorte* de trabajadores de salud en México”.**

# TESIS

Que para optar por el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

PRESENTA:

**Lic. Nut. Regina Ambrosi Cortés**

TUTORA:

**Dra. Patricia E. Clark P.  
Facultad de Medicina**

**México, D.F. abril 2015**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---



**FACULTAD DE MEDICINA  
POSGRADO EN CIENCIAS MÉDICAS  
ODONTOLÓGICAS Y DE LA SALUD.**

**“Valores de referencia de la masa muscular evaluada por DXA, de acuerdo a grupos de edad y sexo de una *cohorte* de trabajadores de salud en México”.**

# **T E S I S**

Que para obtener el grado

**MAESTRÍA EN CIENCIAS**

P R E S E N T A:

**Lic. Nut. Regina Ambrosi Cortés**

T U T O R A:

**Dra. Patricia E. Clark Peralta.**

**México, D.F. abril 2015**

**Facultad de Medicina**



## ÍNDICE GENERAL

	Página
Resumen	3
Introducción	6
Composición corporal	8
Características de la masa muscular	11
Métodos de medición del tejido muscular	15
Revisión de la literatura de valores de referencia de la masa muscular	18
Planteamiento del problema	24
Pregunta de investigación	25
Justificación	25
Objetivo	25
Metodología	25
Variables	27
Operacionalización de las variables	28
Análisis estadístico	31
Resultados	32
Discusión	46
Conclusiones	51
Referencias bibliográficas	52
Índice de abreviaturas	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

No. Figura	Contenido	Página
1	Representación simplificada de los 5 niveles de composición corporal	11
2	Composición del músculo	13
3	Masa muscular y fuerza a lo largo de la vida	15

## ÍNDICE DE CUADROS

No. Cuadro	Contenido	Página
1	Prevalencia de sobrepeso y obesidad por grupo de edad	7
2	Diferentes métodos utilizados para evaluar la MM en adultos	20
3	Revisión bibliográfica de valores de referencia de masa magra en diferentes poblaciones	21
4	Valores antropométricos para niños y niñas adolescentes	35
5	Composición corporal en niños y niñas adolescentes	35
6	Diferencia en peso, talla,	37
7	Diferencia en IMC y MM	37
8	Descripción antropométrica de hombres y mujeres	39
9	Composición corporal de hombres y mujeres adultos	39
10	Valores de referencia de masa muscular (MM) en Kg.	43

## DIAGRAMA

No. Diagrama	Contenido	Página
1	Modelo Conceptual	30
2	Población de estudio	33

## GRÁFICA

No. Gráfica	Contenido	Página
1	Evaluación de la masa muscular durante la vida	41
2	Valores de la media del músculo por edad usando LOESS	42

## Resumen

La masa muscular es definida como la masa del cuerpo formada de tejido no graso, blando, compuesto de músculos, vísceras y órganos y, se mide en kilogramos. Constituye uno de los tejidos más importantes de la composición corporal (CC). El músculo esquelético hace posible la movilidad voluntaria del cuerpo a través de los músculos estriados. Junto con los sistemas óseo, articular y nervioso, el sistema muscular forma parte del sistema locomotor. Además de su función en el movimiento y postura, el tejido muscular está involucrado en funciones primordiales en el organismo como: la regulación del metabolismo, el almacenamiento de energía y nitrógeno, es reservorio de aminoácidos y proteínas que son necesarias para el funcionamiento del sistema inmune, del cerebro y funciona como sustrato en los casos de desnutrición y reparación de lesiones. La MM es un tejido que sufre modificaciones a lo largo de la vida, el 50% está determinada genéticamente y el otro 50% se encuentra sujeta a influencias de otros factores como los hábitos alimentarios, el ejercicio, aspectos culturales, estilos de vida, e incluso los estéticos. La disminución de la MM, fuerza y función de los músculos, en el ciclo de la vida, con lleva a la discapacidad con limitaciones para realizar las actividades diarias, falta de coordinación neuromuscular, propensión a caídas, fragilidad del anciano y finalmente aumento en la mortalidad. La caracterización de la CC y en específico de la MM en nuestra población es mandatorio, ya que se utilizará como referente con otras poblaciones así como para la comparación de individuos sanos vs. individuos con alguna patología de la MM como obesidad, sarcopenia, enfermedad crónica renal y trastornos de la alimentación cada día mas frecuentes, por mencionar algunas.

Es por esto, que se planteó obtener los valores de referencia de la masa muscular (MM) de nuestra población para poder precisar los puntos de corte que permitan definir cuando la masa muscular es normal y cuando la masa muscular es baja, para futuros programas de prevención y mejoramiento de la composición corporal y masa muscular en la población.

**Objetivo:** Elaborar valores de referencia de masa muscular, por grupos de edad y sexo por medio de DXA, de una *cohorte* de trabajadores de la salud (CTSM).

**Métodos:** Análisis de los datos crudos de la visita basal de la cohorte de trabajadores de salud del 2006 al 2008 en tres diferentes instituciones académicas y de salud. La muestra de alrededor de 9,524 sujetos sanos, trabajadores y sus familias fue evaluada la composición corporal por DXA de cuerpo entero, para conocer la distribución y la cantidad de: la masa muscular (MM), masa grasa (MG) y contenido mineral óseo (CMO). Para el objetivo de este estudio sólo nos enfocaremos en la MM.

La variable cualitativa, sexo se resumió con frecuencias y porcentajes, por los distintos grupos etéreos. Las variables cuantitativas continuas como edad, peso, talla o estatura, masa muscular (MM), masa grasa (MG) y contenido mineral óseo (CMO). Para demostrar el tipo de distribución, se realizaron las pruebas de normalidad de Kolmogórov-Smirnov asumiendo una p de <0.05. A excepción de la MG, todas las variables tuvieron distribución normal y se resumieron usando la media ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar (DE) en el caso de la MG se usó la mediana y a los rangos intercuartiles RIQ. Se calculó la media y DE por cada año de vida dividido por sexo para reportar los valores de referencia.

**Resultados:** Se estudió una muestra con un rango de edad de los 7 a los 89 años donde se demuestra un comportamiento biológico de la MM.

En el sexo masculino los niños de 7 años de edad tienen una media de MM (n= 21,  $\bar{x}$ =18.05 kg) y va en aumento continuo hasta los 20 años de edad (n=34,  $\bar{x}$ =50.7 kg), Posterior se observa una meseta sin mayores cambios hasta los 60 con una fluctuación no mayor de 4.3 kg. A partir de los 60 años empieza una disminución paulatina de 5 kg MM. Por otro lado, las mujeres empiezan a los 7 años con una MM de  $17.18 \pm 2.08$  (n=27) y aumenta constantemente hasta los 20 años (n= 60,  $\bar{x}$ = $33.98 \pm 4.79$ ) comportándose ésta, igual que el sexo masculino, la fluctuación promedio de la MM es menor que en los hombres (2.7 kg). A partir de los 60 años, (n= 60,  $\bar{x}$ = $34.59 \pm 3.99$ ) la disminución de la MM es de (2.2 kg), ésta disminución es menor a la de los hombres, hasta los 75 años o más.

**Conclusiones:** Se demuestra un comportamiento biológico de la MM. Se observan diferencias significativas entre hombres y mujeres y por grupos de edad. El declive es mayor y casi el doble en los hombres 13 % que en las mujeres 7%.

**Palabras clave:** Masa muscular, Valores de referencia, Composición corporal, DXA.

## Introducción

El estudio de la composición corporal (CC) humana se ocupa de la medición *in vivo* de los diferentes componentes y compartimientos del organismo y de las relaciones cuantitativas entre ellos, tanto en el organismo sano como en los diversos estados patológicos <sup>1</sup>. El efecto de factores como el crecimiento, dieta y actividad física pueden ser evaluados con el estudio de la CC <sup>2</sup>. El interés de este proyecto radica en la masa muscular (MM) por lo cual, nos enfocaremos específicamente a este tejido.

La masa muscular MM se define como el tejido del cuerpo compuesto de músculos, órganos, vísceras y agua <sup>3</sup> y, conforma una de las masas más importantes de la CC.

La masa magra o muscular, constituye aproximadamente el 40% de nuestra economía <sup>4</sup>, y está formada por un conjunto de fibras musculares. Los músculos estriados, conforman la mayor parte de este tejido (aproximadamente 80%) y se cuantifica en kilogramos (kg) y el músculo liso el 20% restante. Ambos se componen químicamente de proteínas, agua y minerales” <sup>4</sup>. Para el objeto de esta tesis nos enfocaremos únicamente en el tejido muscular estriado.

En la literatura se reporta que los términos masa magra y masa muscular MM se utilizan indistintamente, no habiendo encontrado un consenso por lo cual pueden utilizarse sin distinción.

La MM es un tejido que sufre modificaciones a lo largo de la vida. Durante la infancia, el crecimiento es, predominantemente en las extremidades inferiores; en la adolescencia, hay aceleración del crecimiento en longitud y aumento del peso corporal, con diferencias por sexo: a los 10 años de edad, las niñas han alcanzado el 84% de la altura que tendrán como adultos y los niños un poco menos el 78%. En las mismas edades, el peso corporal a esta edad representa el 55% en los niños y el 59% en las niñas de lo que desarrollaran como adultos. Algunas de las diferencias por sexo son: que en los niños se observa más aumento MM de los hombros mientras que en las niñas, se advierte en las caderas. Durante la vida adulta, la MM se mantiene constante hasta alrededor de los 60 años donde se inicia una pérdida involuntaria de este tejido con la

consecuente disminución en la fuerza y la función <sup>4, 5, 6 y 7</sup>.

Ya que la MM varía con la edad, sexo, talla y otros factores, como pueden ser la raza, es importante identificar los valores o puntos de corte que separan los valores normales de los anormales, y establecer estos parámetros para las diferentes poblaciones. Por esta razón, el objetivo principal de este estudio propone el desarrollar los valores de referencia de la MM en la población mexicana.

## Antecedentes

En algunas enfermedades metabólicas, como la obesidad y la sarcopenia, se ve afectada la MM. La obesidad, en nuestro país representa un problema de salud y se encuentra entre los primeros lugares tanto en niños como en adultos <sup>8</sup>. Cuadro 1.

Cuadro 1. Prevalencia de sobrepeso y obesidad por grupo de edad.

Grupo de edad	Sobrepeso	Obesidad
	%	%
Niños < 5 años	12.0	5.2
Niños de 5 a 9 años	16.2	12.1
Adolescentes	26.5	11.9
Mujeres	36.8	38.6
Hombres	42.5	32.5
Adultos Mayores	41.9	33.5

Fuente: IMSS, SIAS, Octubre de 2012

De acuerdo con los hallazgos de la ENSANUT 2012, la prevalencia de sobrepeso y obesidad en menores de 5 años registró un ligero ascenso con relación a los datos de ENSANUT 2006 de casi 2 puntos porcentuales (pp) de 1988 a 2012 (de 7.8% a 9.7%) respectivamente. La población en edad escolar (5 a 11 años) la prevalencia nacional combinada de sobrepeso y obesidad en 2012 a partir de los criterios de la OMS, fue de 34.4%.(19.8% y 14.6% respectivamente). Más de una tercera parte de los adolescentes del país presentan exceso de peso, lo que indica que más de uno de cada cinco tiene sobrepeso y uno de cada diez presenta

obesidad.

La prevalencia de sobrepeso y obesidad en adultos Mexicanos (20 años o más) es de 71.3% (que representan 48.6 millones de personas) <sup>9</sup>.

Asimismo, la pirámide poblacional se ha ido modificando. Actualmente contamos con 113 millones de individuos. La expectativa de vida al nacimiento aumentó casi 39 años en promedio en las últimas siete décadas (de 36,2 a 75 años), y el segmento de la población que más crece, es la de los mayores de 60 años. Este estrato de la población asciende a 10,7 millones y aumentará para el año 2050 a 36,4 millones para entonces, la esperanza de vida promedio del mexicano será de 82 años<sup>10,11</sup>. Por lo anteriormente mencionado, se espera que habrá una prevalencia mayor de sarcopenia y osteoporosis en nuestro país.

## **Antecedentes de composición corporal.**

### ***1. Composición corporal.***

La composición corporal (CC) se define como la suma de los diversos tejidos y sistemas que conforman el organismo humano <sup>1</sup>.

El modelo que a continuación se describe, realizado por investigadores del Centro de Investigación de Obesidad de la Universidad de Columbia <sup>12</sup>, ejemplifica los diversos componentes de la CC divididos en cinco niveles. Cada nivel, desde el más básico (atómico), hasta el más complejo (cuerpo completo) se encuentran bien definidos:

**1.1- Nivel Atómico:** El cuerpo humano contiene 50 de los 106 átomos o elementos conocidos en la naturaleza. Seis de estos elementos (oxígeno, carbono, hidrógeno, nitrógeno, calcio y fósforo), forman más del 98% del peso corporal y los 44 elementos restantes conforman menos del 2%.

**1.2.- Nivel Molecular:** El agua intra y extra celular, lípidos esenciales y no esenciales, proteínas, minerales y glucógeno, están incorporados en moléculas que conforman más de 100,000 componentes químicos que se encuentran en el cuerpo humano. La mayoría son agua, proteínas, lípidos, minerales y glucógeno. El agua es el compuesto químico más abundante en el cuerpo humano,

aproximadamente el 60% del peso corporal. Las proteínas y lípidos, forman parte de las membranas celulares y los triglicéridos, proveen una capa térmica y un depósito de combustible. Los minerales son compuestos inorgánicos que contienen abundantes elementos metálicos como el calcio, el sodio y el potasio que se encuentran abundantemente en el hueso en forma de hidroxapatita de calcio, componente que más se encuentra y contiene el más del 99% del total del calcio del cuerpo y el 86% del fósforo y, otros elementos como el potasio, sodio y cloro que se encuentran primordialmente en la matriz ósea.

**1.3.- Celular.** El montaje de estos componentes en las células son las que crean el organismo vivo. La función coordinada y la interacción entre células, es fundamental para estudiar la fisiología de la salud y la enfermedad. El cuerpo humano está compuesto de tres principales compartimientos: las células, el líquido y los sólidos extracelulares. Las células están adaptadas a funciones específicas, como las de soporte, las de conducción eléctrica y las de contracción. Basándose en estas diferencias, se reducen a estas cuatro categorías: conectivas, epiteliales, nerviosas y musculares. Las células conectivas incluyen células especializadas y las no especializadas. Las células grasas o adipocitos, son un tipo de células conectivas sueltas en la cual la grasa es almacenada. Las células del hueso: los osteoclastos y los osteoblastos y las células sanguíneas son una representación de células conectivas especializadas. Las células musculares incluyen las esqueléticas estriadas, lisas y cardíacas. Las células esqueléticas estriadas son las fundamentales del movimiento y forman una gran fracción del peso del cuerpo humano. Los fluidos extracelulares, los cuales forman el 94% del volumen del agua, son aquellos fluidos no metabolizados alrededor de la célula que provén un medio para el intercambio de gases, de nutrimentos y la excreción de productos metabólicos finales. Los sólidos extracelulares son también una porción del cuerpo no metabolizada que consiste en compuestos químicos orgánicos e inorgánicos e incluyen tres tipos de fibras: colágeno, reticular y elástica. El colágeno y el reticular están compuestas de la proteína del colágeno, donde las fibras elásticas están formadas por la proteína elastina. Los sólidos extracelulares representan el 65% de la matriz del hueso seco. El calcio, fósforo y oxígeno en el hueso son los

principales elementos de estos sólidos y son incorporados en hidroxapatita de calcio. Otros compuestos inorgánicos también presentes son bicarbonato, citratos, magnesio y sodio.

**1.4.- Sistema de tejidos.** Los tejidos contienen células que son similares en apariencia, función y origen embrionario. Los diversos tejidos del cuerpo son agrupados en cuatro categorías: muscular, conectivo, epitelial y nervioso.

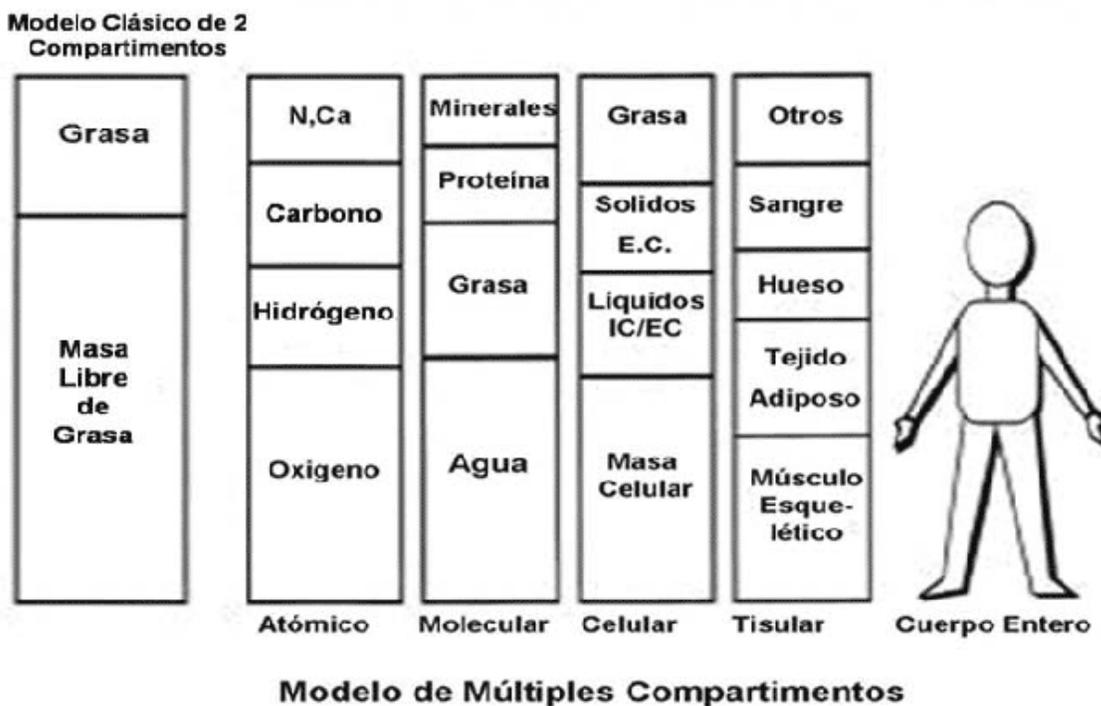
Tres tejidos específicos son particularmente importantes: óseo, adiposo y muscular que conforman el 75% del peso corporal. Los huesos son una forma especializada de tejido conectivo, lo mismo que el tejido adiposo que se distribuye en diferentes compartimentos (subcutáneo, visceral, intersticial y grasa parda). El tejido muscular incluye al esquelético estriado, liso y cardíaco.

Los órganos, consisten en dos o más tejidos combinados que tienen una sola función como la piel, riñones, etc. El sistema de tejidos es complejo e interactúa con diferentes niveles de la biología humana, incluyendo el histológico, anatómico y fisiológico. Los médicos, nutriólogos y fisioterapeutas enfocan su interés al nivel de tejidos.

**1.5.- Nivel corporal.** Este último con características complejas, es el que distingue a los hombres de los primates, e incluye tamaño, forma y características físicas exteriores y a este nivel es al que nos referiremos de aquí en adelante en el desarrollo de este proyecto.

La medición de la CC de cuerpo completo incluye cuatro componentes: evaluación de masa grasa (MG), masa libre de grasa (MLG), ésta incluye a la MM, contenido mineral ósea (CMO) y el agua total del cuerpo (AT) <sup>12</sup>.

Figura 1. Representación simplificada de los 5 niveles de composición corporal.



12. Sun S, Chumlea C, Heymsfield S, Lukaski H, et al. Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *Am J Clin Nutr.* 2003. 77:331-40

## 2. Características de la masa muscular.

La MM de un individuo está determinada genéticamente en más del 50%, pero se encuentra sujeta a influencias de otros factores como los hábitos alimentarios, el ejercicio, aspectos culturales, estilos de vida e incluso los estéticos.

La MM, no puede asumirse como una propiedad prefijada ya que cambia de acuerdo a la edad, sexo, raza y condiciones de enfermedad o enfermedades que sufren los sujetos a lo largo de la vida <sup>13</sup>.

### 2.1 Características y funciones del tejido muscular.

Los músculos se caracterizan por ser los generadores del movimiento y se identifican fundamentalmente por su contractilidad. Se reconocen más de 600 músculos en el ser humano. Alrededor del 40% del peso de un sujeto corresponde a los músculos esqueléticos y el 10% a la musculatura cardíaca y lisa. El sistema muscular esquelético hace posible la movilidad voluntaria del cuerpo a través de

los músculos estriados. Junto con los sistemas óseo, articular y nervioso, el sistema muscular forma parte del sistema locomotor. Además de su función en el movimiento y postura, el tejido muscular está involucrado en funciones primordiales en el organismo como: la regulación del metabolismo, el almacenamiento de energía y nitrógeno, es reservorio de aminoácidos y proteínas que son necesarias para el funcionamiento del sistema inmune, del cerebro y funciona como sustrato en los casos de desnutrición y reparación de lesiones <sup>13,14,15</sup>.

Los músculos son capaces de contraerse y relajarse. Esta función hace que tengan una rica irrigación sanguínea y una importante inervación; están rodeados por una fascia que es una estructura de tejido conectivo cuya función es envolver al músculo y evitar que se desplace, también las fascias permiten aislar a uno o más grupos de músculos y dan protección y autonomía al tejido muscular.

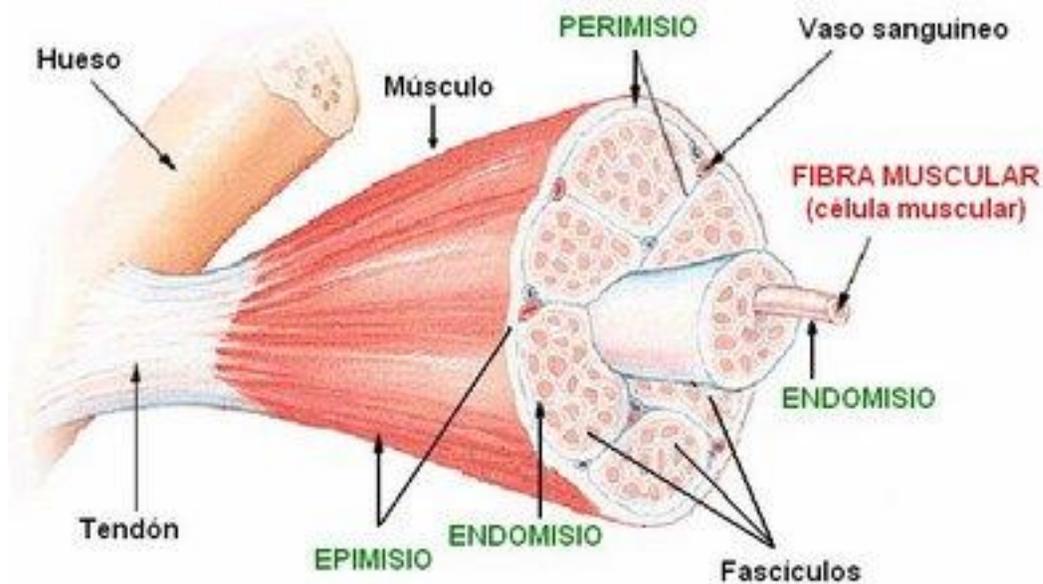
Las células musculares son cilíndricas y alargadas y forman fibras musculares. La membrana plasmática de las fibras musculares es el sarcolema. En su interior contiene distintos orgánulos y numerosas mitocondrias, glucógeno, ácidos grasos, aminoácidos, enzimas y minerales. Además posee una proteína, la mioglobina, que actúa en el transporte y reserva de oxígeno dentro del músculo.

Los músculos esqueléticos están formados por fibras musculares estriadas que se unen entre sí por tejido conectivo, dando lugar a la formación de fascículos que se contraen rápidamente de manera voluntaria. Estas fibras, son atravesadas en toda su longitud por las miofibrillas, estructuras ubicadas en el sarcoplasma y responsables de la contracción y relajación del músculo. Hay millares de miofibrillas en cada fibra muscular. Éstas están formadas por dos tipos de miofilamentos compuestos por dos proteínas, la miosina el filamento más grueso y actina el más delgado.

Los miofilamentos permiten la contracción del músculo ante estímulos eléctricos o químicos. Cada miofibrilla contiene centenares de miofilamentos. La disposición de estos miofilamentos da lugar a los sarcómeros que son las unidades funcionales del músculo. Cada sarcómero está formado por un filamento de miosina y dos filamentos de actina, ubicados en forma adyacente. Esta estructura

puede observarse en la Fig. 2.

Figura 2. Composición del músculo.



## **2.2 Desarrollo de la MM a lo largo de la vida.**

Como se vio en la introducción, en niños y adolescentes existen diferencias durante su desarrollo determinadas por la función hormonal. De tal forma, que el sexo masculino desarrolla mayor MM que el femenino, cambios anatómicos.

En los adultos, la MM presenta diferencias por sexo al igual que en la niñez <sup>14,15</sup>.

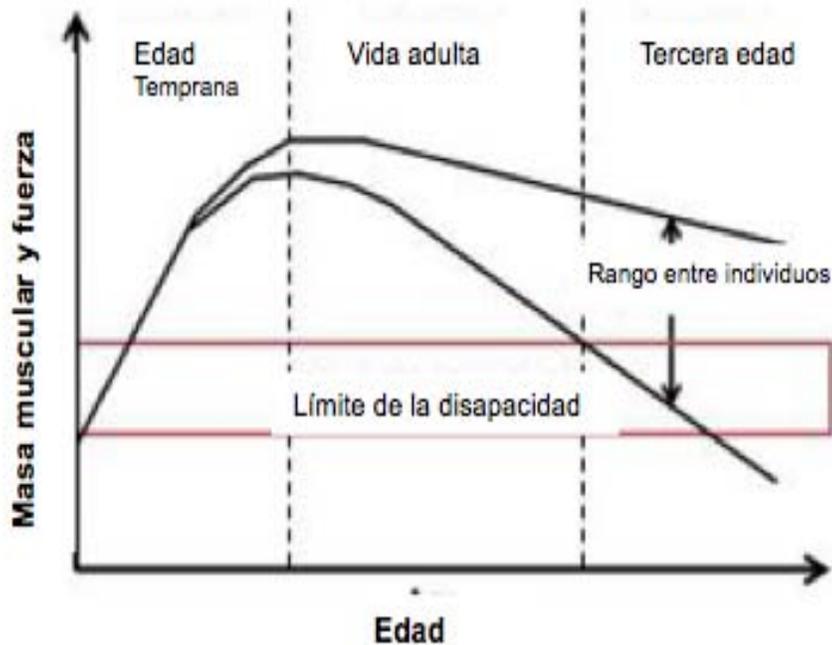
En estudios transversales donde se ha utilizado el ultrasonido para la medición de la MM se ha demostrado que las mujeres sanas a los 70 años tienen 33% menos MM en los cuádriceps cuando se comparan con mujeres de 20 años. Utilizando la misma metodología, en hombres se observa una reducción del 25% de los cuádriceps a los 70 años en comparación con los sujetos del mismo sexo a los 20 años. Estos datos han sido reproducidos con otras técnicas de medición de MM como la impedancia bioeléctrica y la antropometría, la densitometría dual de rayos X (DXA) y la tomografía computarizada. Con esta última técnica además de

observar la disminución en el tamaño de los músculos se ha encontrado que la MM en mayores de 70 años se encuentra infiltración de tejido no muscular, grasa. Al perderse la MM, se pierde fuerza y función de los músculos, lo que lleva a los sujetos a discapacidad con limitaciones para realizar las actividades de la vida diaria, falta de coordinación neuromuscular, propensión a las caídas, fragilidad del anciano y finalmente aumento en la mortalidad <sup>16,17,18</sup>.

En la figura 3, podemos apreciar una curva hipotética donde se representa el desarrollo de la fuerza y la MM durante el ciclo de la vida.

Como puede observarse, desde la infancia hasta la segunda década de la vida, el crecimiento y desarrollo del músculo son determinantes para obtener la masa muscular pico que determinará la cantidad y la fuerza que mantendrá este tejido durante la edad adulta. A partir de este momento, la MM ya no se desarrolla, pero se mantiene estable. Durante este periodo deben tomarse acciones para conservar la MM. Alrededor de la 5 década de la vida la MM se pierde del 1 al 2% por año, y la fuerza muscular disminuye del 1.5 al 3.0%. Se observa que existe un rango importante en la masa y fuerza muscular entre los individuos, que se encuentra directamente relacionada con diversos factores del individuo donde destacan la genética y factores modificables del estilo de vida <sup>19, 20</sup>.

Figura 3. Diagrama hipotético del desarrollo de la masa muscular en las diferentes etapas de la vida.



19.Sayer AA, Syddall H, Martín H., et al. *The developmental origins of sarcopenia.* J Nutr Health Aging. 2008;12(7):427-432.

Nota. Estos cambios en la MM y en la fuerza en el transcurso de la vida, pueden producir discapacidad, fragilidad y muerte como ya se mencionó anteriormente.

### **3. Métodos de medición del tejido muscular.**

Existen diferentes métodos que pueden ser utilizados para medir o estimar la MM en los humanos. Los empleados con mayor frecuencia son: antropometría, seguido de la impedancia bioeléctrica (IB) y densitometría dual de rayos-x (DXA) <sup>19, 20</sup>, métodos más especializados y más costosos son la resonancia magnética cualitativa y la tomografía computarizada cuantitativa. Algunas de sus características pueden verse en el cuadro 1 <sup>19, 21, 22 y 23</sup>.

#### **3.1 Antropometría.**

Es la técnica que se ocupa de medir las dimensiones físicas y la CC del individuo, utiliza una serie de parámetros delimitados, que permiten evaluar la CC de un individuo a través del método de pliegues cutáneos. Ha sido empleada de manera satisfactoria para la evaluación del estado de nutrición <sup>24</sup>.

Estima la MM utilizando las circunferencias de brazo y pantorrilla, usa una ecuación que se basa en diferentes medidas antropométricas para predecir la masa muscular apendicular (MMA).

Entre los parámetros de esta técnica existen mediciones de panículos adiposos, perímetros o circunferencias, longitudes y anchuras de segmentos corporales. Sus ventajas son disponibilidad, bajo costo y no exposición a radiación. Sus desventajas son que no mide la MM total y evalúa únicamente los músculos más comunes de forma regional como las circunferencias de brazo y de la pantorrilla y no la MM total, con baja precisión y certeza <sup>24</sup>.

### **3.2 Impedancia bioeléctrica (IB/BIS).**

En los últimos 15 años se ha utilizado la IB como método para predecir o estimar la masa muscular apendicular (MMA), a través de ecuaciones desarrolladas para este método <sup>25</sup>. La IB se basa en el modelo de dos componentes (2C), masa grasa y masa libre de grasa (MLG). Evalúa los tejidos y el líquido intra y extracelular por medio de corrientes pequeñas de energía que viajan a través del cuerpo. Se estima que el agua corporal total, forma parte de la masa grasa y de la masa libre de grasa y que de esta el 73% es agua, que se considera constante. Su limitación es que no distingue la distribución del agua corporal en los compartimentos intracelular o extracelular <sup>24, 26</sup>.

### **3.3 Densitometría dual de rayos-x (DXA).**

En la actualidad, este método es el estándar de oro <sup>26,27</sup> para la medición corporal. Mide los tres componentes masa muscular, grasa y hueso, lo que nos permite

registrar el porcentaje de estos tres tejidos en el cuerpo humano.

El DXA utiliza dos haces de energía de rayos-x, que le permite registrar los perfiles de atenuación a dos diferentes energías fotónicas. La energía baja de 30-50 keV y la energía alta mayor de 70 keV. La atenuación del hueso es mayor que la atenuación de los tejidos blandos, es así que se distinguen dos tipos de tejidos: hueso (cristales de hidroxapatita) y tejido blando (todo lo demás).

Actualmente el DXA es la técnica más utilizada, tiene una excelente precisión (99%), un alto índice de reproductibilidad (99%) y baja radiación (1-2 m Rem)<sup>20, 21, 27 y 28</sup>. No es invasiva y se puede utilizar para un amplio rango de edades.

### ***3.4 Resonancia magnética nuclear (RMN)***

Es un método de diagnóstico médico por configuración de imagen. La RMN no utiliza los rayos X, sino ondas de radiofrecuencia dentro de un campo magnético de alto poder, no irradiando al paciente<sup>20</sup>.

Las señales de radiofrecuencia son emitidas y combinadas, para formar una imagen. Las variaciones en estas señales de las radiofrecuencias son usadas para medir tejidos específicos tales como tejido adiposo o muscular.

La RMN es uno de los mejores métodos para evaluar a los tejidos blandos. Permite la estimación del tejido adiposo, el músculo esquelético y otros tejidos internos y órganos.

### ***3.5 Tomografía axial computarizada (TAC)***

“La tomografía axial computarizada (TAC) o también conocida como tomografía computada (TC), es un método imagenológico de diagnóstico médico, que permite observar el interior del cuerpo a través de cortes milimétricos transversales al eje céfalo-caudal, mediante la utilización de los rayos x”<sup>29 y 30</sup>.

Su principio es el uso de rayos X que atraviesan el cuerpo y la intensidad de los rayos X que filtran a éste, son monitoreados por una serie de detectores cuyos

resultados crean una producción visual de capas transversales de aproximadamente 10 mm de grosor. El promedio de atenuación del coeficiente a lo largo de los rayos X es lo que se calcula y se expresa en Unidades de Hounsfield (UH).

Este método es cada vez más utilizado para medir la CC y se emplea como referencia para el estudio del MM. Se basa principalmente en aceptar que la media transversal del área muscular es equivalente a la MM.

Una de sus aplicaciones es cuantificar el tejido adiposo y su distribución, el visceral y subcutáneo y más recientemente depósitos intramusculares, para conocer el riesgo de algunas enfermedades como tumores, cánceres de tipo sólido y metástasis por mencionar algunas.<sup>30, 31</sup>.

La mayor desventaja que presenta la TAC, es la dosis de radiación que recibe el sujeto a estudio, que aumenta con la cantidad de cortes que se realicen, para tener una idea, un estudio del cráneo, necesita como mínimo de 12 o 14 a cortes; en un estudio de abdomen o tórax él número de cortes es todavía mayor <sup>29, 30</sup>.

#### ***4. Revisión de la literatura de valores de referencia de masa magra.***

Se realizó una revisión sistemática de la literatura médica utilizando la base electrónica de referencias de PubMed para identificar las publicaciones de nuestro interés; se empleó la terminología MeSH (Medical Subject Headings) por sus siglas en inglés, y los términos booleanos que se utilizaron fueron: reference values and DXA and lean mass and healthy people, con las especificaciones de: estudios en humanos, ambos sexos, diferentes grupos de edades, del año 2000 a la fecha y en idiomas inglés y español. Se revisó la bibliografía a partir de junio del 2012 a enero del 2015.

Adicionalmente se realizó una búsqueda manual de los artículos seleccionados por PubMed para incluir alguno que no hubiera sido localizado por la búsqueda electrónica.

Se encontraron 101 en la búsqueda de los cuales únicamente 12 reportan la composición corporal y/o los valores de referencia de la masa magra. Cuadro 2.

Se procedió al análisis metodológico de los 12 artículos seleccionados que se pueden observar en resumen en el cuadro 1. Las características más relevantes de estos estudios se resumen a continuación: Todos los estudios fueron de corte transversal y la técnica utilizada para la evaluación de la MM fue el DXA, los tamaños de muestra varían de 32 sujetos el más pequeño hasta más de 10,000 sujetos en el estudio de Kelly L.T., et al. Se incluyeron población sana y población con sobrepeso y obesidad. El objetivo en todos fue establecer los valores de referencia de la composición corporal en sus tres componentes (masa ósea, masa magra y masa grasa) en función de la edad y sexo.

Solo seis países (Canadá, Australia, Estados Unidos, Italia, Corea y Tailandia), muestran los valores de referencia de sus poblaciones desagregados por edad y sexo. En los otros 6 estudios se reporta únicamente los índices apendiculares de MM o la MM por regiones.

No encontramos ningún estudio en población Mexicana, por lo cual nos pareció importante estudiar los valores de referencia en la población mexicana ya que podrán ser de utilidad para aquellos grupos que se dediquen a el estudio de la MM por diversas enfermedades como por ejemplo, la sarcopenia que cada día toma mas importancia por el fenómeno del envejecimiento poblacional.

Cuadro 2. Diferentes métodos utilizados para evaluar la MM en adultos.

MÉTODO	MEDICIONES MÁS UTILIZADAS MM	MÚSCULO REGIONAL	MM TOTAL	BAJO COSTO	DISPONIBILIDAD	EXPOSICION A RADIACIÓN	PRECISIÓN	EXACTITUD
Antropometría	Circunferencia de brazo	xxx	x	xxx	xxx	-	x	x
	Área muscular transversal del brazo	xxx	x	xxx	xxx	-	x	x
	Predicción de MMA	x	xx	xxx	xxx	-	x	x
Impedancia bioeléctrica	Predicción de MLG	x	x	xxx	xxx	-	x	xxx
	Predicción de MMA	x	xx	xxx	xxx	-	x	xxx
Densitometría dual de rayos x	Total y MMA	xxx	xx	xx	xx	x	xx	xx
Tomografía computarizada	Área muscular transversal del muslo	xxx	x	x	x	xxx	xxx	xxx
Resonancia magnética	Área muscular transversal del muslo	xxx	x	x	x	-	xxx	xxx
	Volumen muscular total	x	xxx	x	x	-	xxx	xx

<sup>21</sup> Lee, S.Y. and D. Gallagher, *Assessment methods in human body composition*.

Curr Opin Clin Nutr Metab Care, 2008. 11(5): p. 566-72.

XXX = Bueno, XX = Regular, X = Malo y - No tiene.

Cuadro 3. Revisión bibliográfica de valores de referencia de masa magra en diferentes poblaciones.

Autores	Diseño	Objetivos	DXA	Muestra	Variables	Observaciones	Resultados
<b>Faulkner R.A., et al. 1993</b> <sup>31</sup> <b>Canada</b>	Transversal	Presentar los valores normativos de CMOT y CMOR, así como el tejido muscular y tejido graso.	Hologic QDR-2000	niños y adoles. 8 - 16 años 110 ♂ 124 ♀	P, T, E, S, CMOT, DMOT, MM y MG	Reporta valores de referencia.	Correlación entre la MM y la DMO. En ♂ ( $r^2=0.75$ ) ( $p<0.05$ ) y en ♀ ( $r^2=0.80$ )
<b>Zanchetta JR., et al.1995</b> <sup>32</sup> <b>Argentina</b>	Transversal	Establecer los valores normativos de la masa ósea en niños y adolescentes Argentinos.	Norland XR-26 HS	niños y adoles. 2 - 20 años 345 ♂ 433 ♀	CMOT, DMOT, DMOEL,DMOCF, DMOT, DMOR. P, T, E, S, IMC, Ta, MM y MG	Reporta valores de referencia.	La correlación entre MM y la edad empieza a ser mayor en ♂ ( $r=0.93$ ) ( $p<0.001$ ) que en ♀ ( $r=0.85$ ) ( $p<0.001$ )
<b>Ellis K., et al. 1997</b> <sup>33</sup> <b>USA</b>	Transversal	Establecer los valores de referencia de los tres componentes corporales en función de la raza, edad, genero y el tamaño del cuerpo.	Hologic QDR-2000	Sujetos sanos y con obesidad 3 - 18 años 297 ♂	Razas, CMO. MM, MG y % MG	Reporta valores de referencia en: Blancos Negros Hispanos	La MM y el CMO fue mayor en los negros que en los blancos y no hubo diferencia entre los blancos y los hispanos. La relación entre el total CMO y el MM fue lineal ( $r=0.985$ , $p<0.0001$ )
<b>Ellis K., et al. 1997</b> <sup>34</sup> <b>USA</b>	Transversal	Establecer los valores de referencia de los tres componentes corporales en función de la raza, edad, genero y el tamaño del cuerpo.	Hologic QDR-2000	Sujetos sanos y con obesidad 3 - 18 años 313 ♀	Raza, CMO. MM, MG y % MG	Reporta valores de referencia en: Blancas Negras Hispanas	La MM y el CMO fue mayor en los negras que en los blancas y no hubo diferencia con las hispanas. La relación entre el CMO y el MM fue lineal independientemente de la edad y la raza. ( $r=0.963$ , $p<0.0005$ )

<b>Autores</b>	<b>Diseño</b>	<b>Objetivos</b>	<b>DXA</b>	<b>Muestra</b>	<b>Variables</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Resultados</b>
<b>Bazzocchi., et al. 2012</b> <sup>35</sup> <b>Italia</b>	Transversal	Proveer un perfil completo de la CC en sujetos sanos e investigar las diferencias en edad y genero por DXA.	Lunar	250 sujetos 18 – 70 años 5 rangos edad x 25 ♂ y 25 ♀	P, T, MG, MM, DMO, por regiones y cuerpo completo.	Reporta valores de referencia	MM fue mayor en ♂, sin embargo esta descrece con la edad, al contrario que en las ♀ no hay un decremento marcado, (p=0.014 y 0.784).
<b>Kelly L.T., et al. 2009</b> <sup>36</sup> <b>USA</b>	Transversal	Desarrollar curvas de referencia para los tres principales grupos étnicos.	Hologic QDR-4500A	Sujetos ♂ 10,560 ♀ 9,993 8 - 85 años	% MG kg/estatura (cm <sup>2</sup> ), IMM kg/estatura (cm <sup>2</sup> ), IMMa kg/estatura (cm <sup>2</sup> )	Reporta valores de índices: Blancos Negros Hispanos	Se encontraron diferencias significativas entre géneros en varias mediciones y estas diferencias varian con la edad. La diferencia entre razas fueron mas modestas y también varian con el género.
<b>Hong S., et al. 2011</b> <sup>37</sup> <b>Corea</b>	Descriptivo transversal	Elaborar los valores de referencia de la composición corporal de los Coreanos	Hologic QDR-4500A	Sujetos ♂ 4476 ♀ 5980  20 - 85 años	CMO (g) DMO (g/cm <sup>2</sup> ) MG (g) MLG (g) % MG/MTx100 IMG/T <sup>2</sup> IMMa/T <sup>2</sup> IMMa/MMT	Si reporta valores de referencia y curvas de sus parametros por sexo y por cada 20 años apartir de estos.	El IMMa en los hombres Coreanos tiene una correlacion negativa con la edad. En cambio en las mujeres Coreanas el radio incrementa con la edad.
<b>Nakavachara., et al. 2014</b> <sup>38</sup> <b>Tailandia</b>	Descriptivo transversal	Establecer los datos normativos de CMO, DMO, AO y MMT.	Lunar Prodigy	Sujetos ♂ 174 ♀ 193 5 - 18 años	CMO, DMO, BA y MMT.	Si reporta valores de referencia por sexo y por cada año de edad.	Todos los parametros incrementaron progresivamente con la edad. MMT fue significativamente más alta en los niños que en las niñas y se incrementa rapidamente durante la pubertad en ambos.

Autores	Diseño	Objetivos	DXA	Muestra	Variables	Observaciones	Resultados
<b>Manzoni P., et al. 1996</b> <sup>39</sup>  <b>Italia</b>	Transversal	Evaluar la influencia de los diferentes compartimientos del cuerpo, en el CMOT y CMOR en sujetos con peso normal y con obesidad.	Lunar DPX-L	65 obesos y 50 normales 5 - 18 años	P, T, E, S y Ta. MG, MM, y DMO.	No reporta valores de referencia.  MM (kg): 32.8 ± 10.3 obesos. 26.9 ± 7.7 norm.	Los sujetos obesos tuvieron más grasa y músculo en todas las regiones (3) que los sujetos de peso normal. (p<0.001)
<b>Tichet J., et al. 2008</b> <sup>40</sup>  <b>Francia</b>	Transversal	Establecer los puntos de corte y la prevalencia de sarcopenia en Franceses adultos.	IB	18 - 39 años 782 sanos  40 - 59 años 888 sanos 60 - 78 años 218 sanos	MM, IMM e IME	No reporta valores de referencia. Puntos de corte: 18 - 39 años MM = 39.7% 26.7 ± 6.3 kg (15.3 a 49.2 kg)	Define sarcopenia como ± 2 DS: ♀ 6.2 kg/m <sup>2</sup> IMM 26.6% IME ♂ 8.6 kg/m <sup>2</sup> IMM 34.4% IME
<b>Ramírez E., et al. 2010</b> <sup>41</sup>  <b>México</b>	Descriptivo transversal	Validar la estimación de la masa grasa por DXA considerando como referencia el modelo de 4C en púberes mexicanos.	Lunar DPX-MD + BOD-POD	Sujetos ♂ 16 ♀ 16 9 - 14 años	CC, ACT,L., CMO,MM, MLG,DC,%G	No reporta valores de referencia. Estimación de GC por DXA y BOD-POD	El uso del DXA comparado con el modelo de 4C no es equivalente en púberes mexicanos.
<b>Ogle GD., et al. 1995</b> <sup>42</sup>  <b>Australia</b>	Transversal	Describir la composición corporal de esta población por sexo y los tres compartimientos: MG, MM y CMO y comparar los resultados entre DXA y pániculos antropométrico.	Lunar DPX-L + Antropometria	265 sujetos sanos 4 - 26 años 137 ♂ 128 ♀	MG, MM y CMO	No reporta valores de referencia.	MM y el CMO incrementan con la edad en ♀ hasta 13.4 y 15.7 respectivamente. Y en ♂ hasta 16.6 y 17.4 respectivamente. Hay una fuerte relación entre MM y CMO por sexo r=0.98 p=0.0001 en ♂ y ♀

## **Planteamiento del problema**

Al igual que las tendencias en otras regiones del mundo, la dinámica demográfica de México ha cambiado y su población está envejeciendo.

Estos cambios en la distribución de nuestra población traen como consecuencia variabilidades importantes en el perfil de las enfermedades crónicas degenerativas que se presentarán con mayor frecuencia en un estrato mayor de la población (osteoporosis y sarcopenia). Además del cambio en la dinámica demográfica, los procesos de urbanización han traído consigo modificaciones en los estilos de vida y en las patologías que hoy tenemos dentro de las primeras causas de morbilidad como la obesidad, síndrome metabólico y diabetes. Estas entidades tienen cambios en la estructura de la composición corporal, en específico la MM y MG.

Es importante hacer notar que la CC puede modificarse con ejercicio y una buena alimentación. El músculo puede mantenerse, recuperarse e inclusive incrementarse en todas las etapas del ciclo de la vida y esto es muy importante en la tercera edad, donde la pérdida de la MM con la subsecuente disminución en la función (sarcopenia) influye de manera contundente en la disminución de la masa ósea y en el desarrollo del síndrome de fragilidad en el anciano, pérdida de autosuficiencia, caídas y muerte.

Basado en lo anterior, la caracterización de la CC y en específico de la MM en nuestra población es mandatorio, no existiendo la información en nuestra población como se vio en la revisión sistemática. El conocer los valores de referencia en población mexicana es importante, se utilizarán como referente con otras poblaciones así como para la comparación de individuos sanos vs. individuos con alguna patología de la MM como la sarcopenia que se mencionó anteriormente, la enfermedad crónica renal y los trastornos de la alimentación cada día mas frecuentes por mencionar algunas.

## **Pregunta de investigación**

¿Cuáles son los valores de referencia de la masa magra de una *cohorte* de trabajadores de la salud en México, estratificada por grupos de edad y sexo, evaluada con DXA?

## **Justificación**

Los valores de referencia en composición corporal son necesarios para evaluar una amplia variedad de anomalías en la niñez o a lo largo de la vida. Pueden existir múltiples condiciones y enfermedades crónicas en la niñez y en la adolescencia, edad adulta y adultos mayores como se ha mencionado previamente. Los valores de referencia además de permitirnos establecer y clasificar a los normales y los rangos que se encuentran fuera de la normalidad, tienen también un papel importante para clasificar enfermedades de acuerdo a los puntos de corte, o bien servir como criterios de inclusión en estudios de investigación y en estudios epidemiológicos para poder definir las prevalencias de enfermedades como la obesidad o la sarcopenia.

En los valores de referencia también influyen aspectos de etnicidad o raza, al igual que algunos estilos de vida, por esta razón no se deben utilizar valores de referencia de otras poblaciones y se tienen que desarrollar los valores propios. No existiendo estos referentes de MM en la población mexicana, diseñamos un estudio con el objetivo de describir los valores de referencia de MM para población mexicana.

## **Objetivo**

Definir los valores de referencia de masa muscular, por grupos de edad y sexo por medio de la DXA, de una *cohorte* de trabajadores de la salud de México.

## **Metodología**

### **Diseño del estudio.**

Observacional, transversal y comparativo.

Estudio transversal a través de un análisis secundario de los datos de la visita basal de la CTSM.

## Universo de Trabajo

Se cuenta con una base de datos de una muestra de alrededor de 10,657 sujetos sanos que conforman la *cohorte* de trabajadores de la salud y sus familias. Esta *cohorte* inició su medición basal en el 2006 en tres diferentes instituciones académicas y de salud: El Instituto Mexicano del Seguro Social y el Instituto Nacional de Salud Pública, ambos localizados en Cuernavaca, Morelos y la Universidad Autónoma del Estado de México en Toluca, Estado de México. El objetivo general de esta *cohorte* es el evaluar los estilos de vida de esta población mexicana y su impacto en el desarrollo de enfermedades crónico-degenerativas. Contiene un cuestionario que cubre aspectos demográficos, antecedentes patológicos personales y familiares, hábitos dietéticos y actividad física. Además se realizaron medidas antropométricas como peso y estatura.

La evaluación de la masa muscular total y por regiones se llevo a cabo por el estudio de composición corporal que reporta: Masa grasa MG, Contenido mineral óseo CMO y Densidad mineral ósea DMO con un instrumento DXA Lunar DPX NT (Lunar Corp, Madison, Wisc. Software (versión 3.4) <sup>43</sup>. Las instrucciones del manual y el procedimiento del usuario de la Sociedad Internacional de Densitometría Clínica (ISCD) fueron estrictamente seguidos. Todas las mediciones de la MM fueron realizadas por técnicos en densitometría, según los protocolos estandarizados. El instrumento fue calibrado diariamente utilizando el manual proporcionado por el fabricante; los técnicos se aseguraron que el coeficiente de variación diaria (VC) estuviera dentro de los estándares normales de funcionamiento *in vivo* de menos de 1.5% de VC.

Todo aquel que aceptó participar en el estudio, firmó en su momento (periodo del 2006 al 2008) la carta de consentimiento informado. Esta carta permite la utilización de los datos de los sujetos de forma amplia para diferentes análisis y preguntas de investigación relacionadas con factores de riesgo para enfermedades crónicas y diferentes tipos de mediciones. Esta *cohorte* fue autorizada por los comités de ética e investigación de las instituciones que le dieron origen (IMSS, Instituto Nacional de Salud Pública y Universidad del

Estado de México).

## **Variables**

### **Variable dependiente.**

Masa muscular.

### **Variables independientes.**

Sexo, edad, peso, talla e IMC.

### **Criterios.**

### **Inclusión:**

Sujetos provenientes de la cohorte con el estudio de la composición corporal por DXA.

## Operacionalización de las variables.

<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>TIPO</b>	<b>DEFINICIÓN OPERATIVA</b>
<b>Independientes</b>			
Edad	Tiempo transcurrido a partir del nacimiento de un individuo.  Cualquiera de los periodos en que se considera dividida la vida de una persona.	Cuantitativa continua.	Años de vida cumplidos al momento de la medición basal. Unidad de medición: años  Rango de edades Niños Adolescentes Adultos Adultos mayores. Viejos
Sexo	La totalidad de las características de la estructura reproductiva, las funciones, el fenotipo y genotipo, que diferencian al hombre de la mujer.	Cualitativa nominal.	Unidad de medición: 0= Masculino 1= Femenino
Peso	Indicador de masa corporal. Suma de los diversos tejidos óseos, musculares y adiposos, de órganos y líquidos del cuerpo.	Cuantitativa, continua.	Número de kilogramos obtenidos al medir la masa corporal de un paciente, en una báscula digital portátil, por personal estandarizado. Unidad de medición: kg
Estatura	Indicador del crecimiento lineal. La distancia desde la base hasta la coronilla de la cabeza con el cuerpo de pie sobre una superficie plana y totalmente extendidos	Cuantitativa, continua.	Medición de la estatura con un estadiómetro y el personal capacitado. Expresado en cm.
Índice de masa corporal (IMC)	Indicador antropométrico que describe el peso relativo para la estatura, reflejando tanto la masa grasa como la masa libre de grasa.	Cuantitativa, continua.	Se determinará por medio de la fórmula correspondiente ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), de acuerdo a los valores de peso y talla de cada paciente. Se clasificará de acuerdo a los criterios de la OMS para adultos. Unidad de medición:

---

Bajo peso <18.5  
 Normal 18,5-24,9  
 Sobrepeso 25,0-29,9.  
 Obesidad >30.  
 Obesidad mórbida > 40,0  
 Para niños y adolescentes:  
 Z-score para IMC:  
 Bajo peso: < - 2 DE  
 P. Normal: > -2DE y < 1DE  
 Sobrepeso: >1DE y < 2DE  
 Obesidad: > +2DE

---

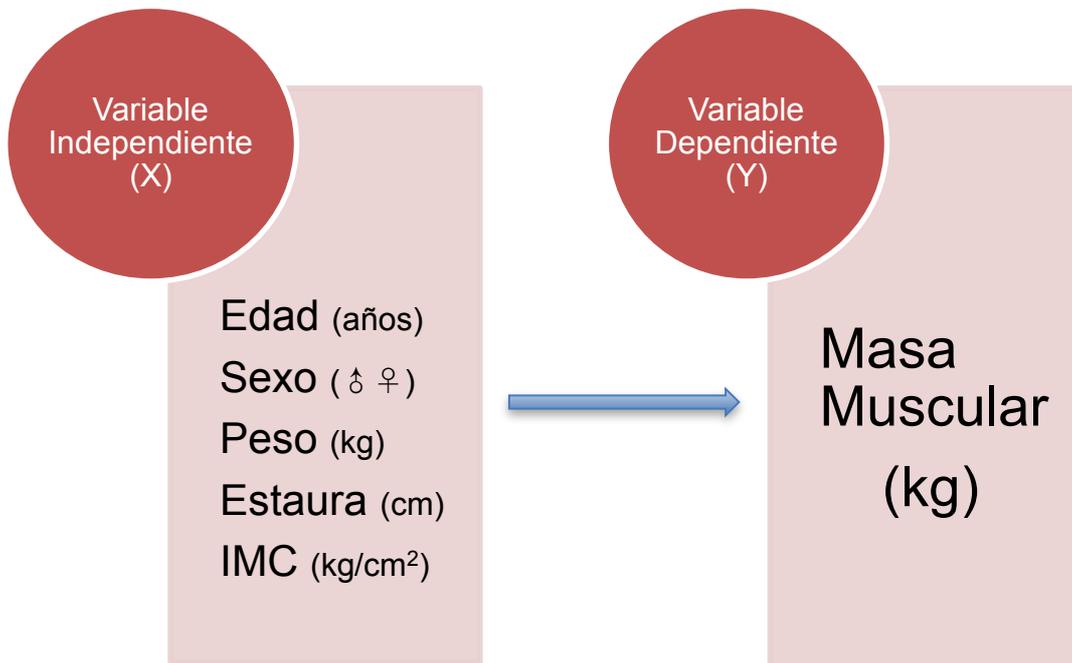
**Dependientes**

---

Masa muscular	Componente de la composición corporal, que no es masa grasa ni masa ósea. Tejido muscular.	Cuantitativa, continua	Estimación de la proporción de masa magra del peso corporal total obtenido por medio de DXA. Unidad de la medición kg.
---------------	--	------------------------	---

---

Diagrama 1. Modelo Conceptual



## Tamaño de muestra.

Deseamos conocer el valor medio de la población ( $\bar{x}$ ) de masa muscular (variable dependiente (kg)) en sujetos sanos pertenecientes a la *cohorte* de salud. La estimación de la  $\bar{x}$ , se realizó por valores  $Z_{\alpha}$  (1.96) de tablas para una distribución normal con una desviación estándar  $\sigma = 1.98$  <sup>45</sup>. En México las características de la masa muscular no se conocen, pero la desviación estándar para población México-americana sí <sup>37</sup>.

Se tomó una precisión de:

$$d^2 = \rightarrow (.08)^2 = .0064$$

Fórmula para estimar una media de la población ( $\bar{x}$ ):

$$n = \frac{(Z_{\alpha})^2 (\sigma)^2}{d^2}$$

$$n = \frac{(1.96)^2 (1.98)^2}{(0.08)^2} = \frac{3.8416 \times 3.92}{.0064} = 2353 / 82 = 29 \text{ sujetos por edad y sexo,}$$

para cada uno de los años de edad.

Eso quiere decir que se requería un tamaño de muestra de 4,706. El universo fue más del doble 9,524 sujetos, por lo que se garantizó la factibilidad del estudio.

## Análisis estadístico

### Descriptivo.

Las variables cuantitativas continuas como edad, peso, talla, masa muscular (MM), masa grasa (MG) y contenido mineral óseo (CMO) se expresaron a partir del tipo de distribución de la muestra. Para demostrar el tipo de distribución, se realizaron las pruebas de normalidad de Kolmogórov-Smirnov asumiendo una p de <0.05. A excepción de la masa grasa, todas las variables tuvieron distribución normal y se resumieron usando la media ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar (DE) en el caso de la MG se usó la mediana y a los rangos intercuartiles RIQ.

Una vez que se corroboró normalidad en los distintos grupos de edad y sexo de la masa muscular MM, se calculó la media y DE por cada año de vida

dividido por sexo para reportar los valores de referencia.

Con el fin de contrastar la masa muscular entre (géneros) niños y niñas y adolescentes de ambos sexos por la categoría de edad, se calculó la T-student.

Se consideró como significativo a una valor de  $p < 0.05$ .

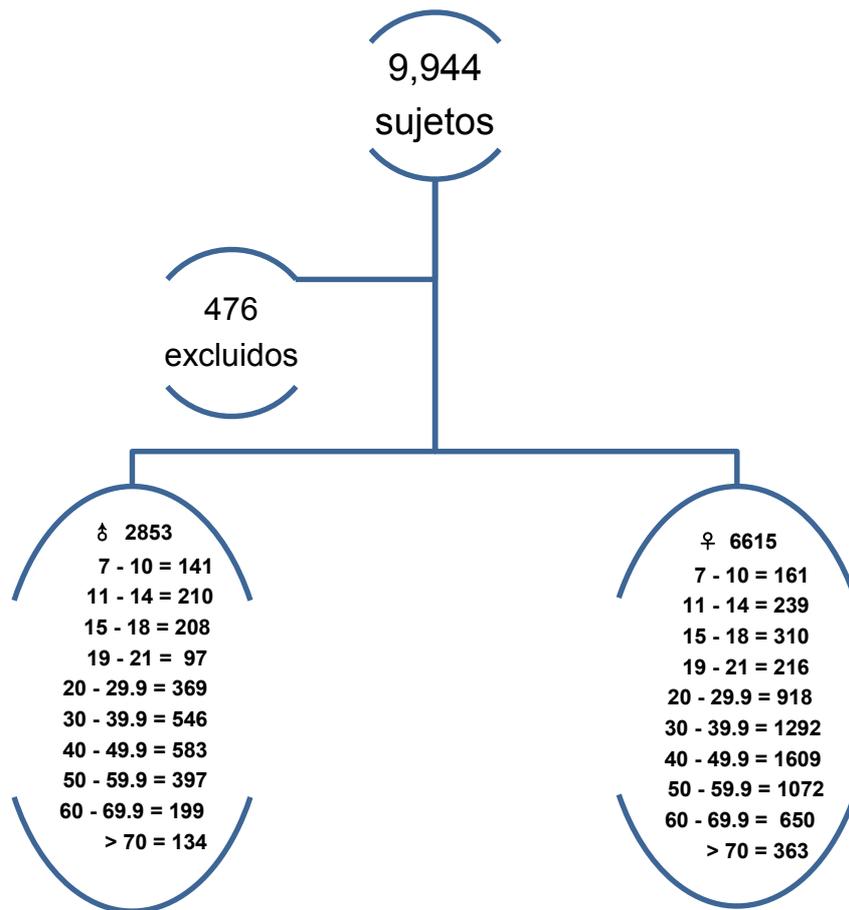
Se suavizaron los valores de la media de músculo por edad usando "LOESS" (por sus siglas en inglés, regresión local) en gráficos de dispersión por sexo.

El análisis estadístico se llevó a cabo con el programa SPSS versión 20.

## **Resultados**

De los 9,994 sujetos de la cohorte se excluyeron 476 por no contar con los estudios completos de densitometría, quedando un total de 9,518. De esta muestra, 2,825 (30%) fueron hombres y 6,693 (70%) mujeres, esto es más del doble que los hombres, de los cuales tuvieron edades de 7 a 89 y a 87 años respectivamente (Diagrama 2).

Diagrama 2. Población de estudio.



## 1. Análisis descriptivo.

Las características antropométricas de los niños y niñas adolescentes como peso, talla e IMC, se calcularon además los Z-score, para poder describir mejor a esta población, cuadro 4. Y los componentes de la composición corporal MM, MG y CMO se muestran en el cuadro 5.

Se dividieron en cuatro grupos, según el incremento de la MM. El primero de 7 a los 10 años, denominado periodo prepuberal<sup>32</sup>, este grupo en su mayoría no ha tenido cambios puberales, seguido por un periodo puberal de los 11 a los 14, periodo que es más importante en las niñas y va de acuerdo seguramente a la aparición de las características sexuales y a la aparición de la menarca, que en promedio en las mexicanas es 12.4 años<sup>42, 46</sup>. En este segundo grupo en cambio, los varones, la aparición de las características sexuales masculinas tienen un inicio posterior, a partir de los 14 años<sup>33</sup>. El tercero de 15 a 18 son adolescentes y el último de 19 a 21 años sería el de los adultos jóvenes. Esta clasificación nos permite dos cosas: el observar los cambios fisiológicos de la pubertad en ambos sexos y la comparación con otros estudios donde la edad máxima es de 21 años.

Las medias del promedio del peso, en los niños más pequeños (7 a 10) fue de  $\bar{x}=31.2$  y en adultos jóvenes de  $\bar{x}=72.6$  (19 – 21 años) con un promedio de aumento de peso de 41.4 kg, durante estas etapas de crecimiento; mientras que las niñas las medias del peso fueron  $\bar{x}= 33.8$  a  $\bar{x}= 57.4$  con una diferencia de medias de 23.6 kg. De igual forma pasa con la MM (kg) donde los niños más pequeños empiezan con una  $\bar{x}= 21.9$  y terminan con una de  $\bar{x}= 50.4$  kg de MM siendo esta el 69% de su peso y las niñas empiezan con una MM de  $\bar{x}=21.3$  y terminan con una media de  $\bar{x}= 33.4$  kg, siendo ésta el 58 % de su peso de su MM. En la talla (cm) el comportamiento es igual, los niños aumentan su media de  $\bar{x}= 132.7$  a  $\bar{x}= 172.3$  mostrando una diferencia de 40 cm y las niñas de  $\bar{x}= 134.8$  a  $\bar{x}= 158.3$  de 24 cm.

Cuadro 4. Valores antropométricos para niños y niñas adolescentes.

Rango de edades:		Peso (kg)				Talla (m)				IMC (kg/m <sup>2</sup> )					
N = 628	N = 849	Hombres		Mujeres		Hombres		Mujeres		Hombres		Mujeres			
		$\bar{x}$	DE	$\bar{x}$	DE	$\bar{x}$	DE	$\bar{x}$	DE	$\bar{x}$	DE	Z-score	$\bar{x}$	DE	Z-score
7 - 10		31.2	10.2	33.8	10.2	132.7	8.7	134.8	9.88	17.4	3.9	0.83	18.2	3.9	0.98
11 - 14		50.5	13.0	49.7	11.2	155.6	10.4	154.4	7.03	20.7	4.3	0.85	20.7	4.3	0.70
15 - 18		64.4	13.3	56.8	11.1	169.2	7.2	158.1	5.98	22.3	4	0.47	22.6	4	0.55
19 - 21		72.6	14.5	57.4	11.8	172.3	7.3	158.3	6.73	24.4	4.3	0.43	22.8	4.3	0.33

\*  $\bar{x}$  = media

\*\*DE = Desviación estándar

Cuadro 5. Composición corporal en niños y niñas adolescentes.

Rango de edades:		MM (kg)				CMO (kg)				MG (kg)			
N=628	N=	Hombres		Mujeres		Hombres		Mujeres		Hombres		Mujeres	
		$\bar{x}$	DE	$\bar{x}$	DE	$\bar{x}$	DE	$\bar{x}$	DE	mediana	RIQ	mediana	RIQ
7 - 10		21.9	3.9	21.3	4.3	1.1	0.3	1.1	0.3	5.9	(3.4, 9.7)	9.9	(5.4, 14.6)
11 - 14		34.2	6.9	29.8	4.2	1.9	0.5	1.9	0.5	11.0	(6.3, 18.6)	15.9	(11.1, 22.3)
15 - 18		46.3	5.4	32.6	4.1	2.7	0.4	2.3	0.4	11.5	(7.4, 21.3)	19.5	(15.3, 24.3)
19 - 21		50.4	5.7	33.4	4.6	3.0	0.5	2.4	0.5	16.4	(9.1, 26.6)	16.6	(14, 26)

\* $\bar{x}$  = media MM = Masa muscular COM = Contenido mineral óseo MG=Masa grasa

\*\*DE = Desviación estándar

RIQ = Rango intercuartilar (25-75).

### **1.1 Resultados del análisis bivariado.**

Estos se presentan a continuación en los cuadros 6 y 7 donde se muestran las diferencias de  $\bar{x}$  (DM) y los Intervalos de confianza del 95% (IC95%) de la MM de los cuatro grupos de niños y adolescentes.

Del primer grupo de edades de 7–10 años, el peso fue menor en los niños que en las niñas -1.85 kilos (IC95% -3.64, -0.06), la talla también fue menor en los niños que en las niñas, pero esta diferencia no es significativa. El IMC es menor en los niños que en las niñas, diferencia significativa -0.91 (IC95% -1.75, -0.06) y no hubo diferencia significativa en la MM.

La variable MM tuvo distribución normal en las diferentes edades y en ambos sexos, exceptuando a los 10 años en hombres, donde la distribución de la MM fue no paramétrica.

En el segundo grupo de 11 a 14 años, no hubo diferencia en el peso en ambos sexos, pero en la talla, el IMC y la MM fueron mayores en el sexo masculino, 1.68 (IC95% 0.38, 2.98), en el IMC -0.12 (IC95% -0.74, -.071) y en la MM 4.467.4 (IC95% 3,417.0, 5,517.9) si hay diferencia estadísticamente significativa a favor de los hombres.

En el grupo de 15 a 18, el peso 7.3 (IC95% 5.63, 9.02), la talla 11.5 (IC95% 10.6, 12.4) y la MM 13.71 (IC95% 12.89, 14.62) presentan una diferencia estadísticamente significativa en sus medias a favor de los niños, mientras que el IMC no presenta diferencia significativa entre géneros.

En los años, 19 a 21 el comportamiento es igual al grupo anterior, el peso 13.36 (IC95% 10.8, 15.4), la talla 13,8 (IC95% 12.4, 15.9) y la MM 16.99 (IC95% 15.43, 18.44) y todas las comparaciones con diferencia significativa.

Cuadro 6. Diferencia entre hombres y mujeres en peso y talla entre los grupos de edad.

Grupos de edad	PESO (kg)					TALLA (cm)				
	H	M	DM	IC 95%	p	H	M	D	IC 95%	p
7 - 10	31.2	33.0	-1.85	*-3.63, -0.06	0.042	132.5	133.6	-1.10	-2.76, 0.55	0.192
11 - 14	50.5	49.2	1.35	-0.42, 3.13	0.038	155.6	153.9	1.68	*0.38, 2.98	0.011
15 - 18	64.0	56.6	7.33	*5,634, 9,02	0.000	169.4	157.9	11.54	*10.60, 12.49	0.000
19 - 21	70,6	57.9	13,36	*10,881. 15,841	0.000	171.6	158.2	13,85	*12,47, 15,90	0.000

T- Student.

Diferencia significativa  $p < 0.05$

DM=Diferencia de Medias

IC 95%= Intervalo de confianza del 95% de la diferencia de medias.

Cuadro 7. Diferencia entre hombres y mujeres en IMC y MM entre los grupos de edad y sexo.

Grupos de edad	IMC					MM (kg)				
	H	M	D	IC 95%	p	H	M	D	IC 95%	p
7 - 10	17.3	18.2	-0.91	*-1.75, -0.06	0.033	21,945.40	21,273.00	672.4	-252.4, 1,602	0.156
11 - 14	20.7	20.7	-0.12	-.743, 0.716	0.974	34,226.29	29,758.83	4,467.4	*3,417.0, 5,517.9	0.000
15 - 18	22.2	22.7	-.560	-1.218, .097	0.095	46,327.06	32,566.17	13,760.8	*12,899.0, 14,622.7	0.000
19 - 21	23.8	23.0	.809	-.175, 1.79	0.107	50,381.49	33,386.63	16,994.8	*15,543.7, 18,445.9	0.000

T- Student

Diferencia significativa  $p < 0.05$

DM=Diferencia de Medias

IC 95%= Intervalo de confianza del 95% de la diferencia de medias.

## 2. Análisis descriptivo de los adultos.

En adultos se reportan por décadas a partir de los 20 años hasta los 70. El último grupo incorpora a los adultos de 70 y más.

En el cuadro 5 se muestran las medidas antropométricas: P, T e IMC de hombres y mujeres adultos; se encontró en los hombres que la media del peso ( $\bar{x}=74.6$  kg) aumenta hasta la década de los cuarenta y empieza su disminución en la de los cincuenta ( $\bar{x}=77.6$  kg). La mayor talla la presenta en la década de los veinte a los treinta ( $\bar{x}=170.2$  cm) y existe una disminución paulatina de la talla que alcanza 6.5 cm en el último grupo de más de > 70 ( $\bar{x}=163.7$  cm). El IMC sube paulatinamente por tres décadas ( $\bar{x}=27.5$ ) y se mantiene por dos más y empieza la disminución en los setenta años o más ( $\bar{x}=25.8$ ). En el cuadro 6 la MM expresada en kg en los hombres se mantiene constante desde los veinte años ( $\bar{x}=50.5$ ) hasta los sesenta años, donde empieza la disminución y continúa hasta los 70 años o más. Por otro lado, las mujeres adultas la  $\bar{x}$  del peso ( $\bar{x}=60.2$  kg) aumentan hasta los 50 años y empieza a disminuir a los sesenta, la talla igual que en los hombres, su estatura más alta la tienen en la década de los veinte a los treinta ( $\bar{x}=157.9$  cm) y desde esa década empieza su disminución hasta >70 años o más ( $\bar{x}=149.9$  cm) y en cambio el IMC ( $\bar{x}=24.1$ ) sigue subiendo hasta los 70 años o más y ahí empieza la disminución. La MM se mantiene constante durante toda su vida adulta ( $\bar{x}=33.5$  a  $\bar{x}=32.5$ ).

Se llevo a cabo la correlación entre la variable dependiente MM y las variables independientes P, T e IMC. La asociación de la MM con el P fue de 0.77 según la escala entre moderada y fuerte ( $p<0.000$ ), con la T =0.78 ( $p<0.000$ ) también fue entre moderada y fuerte y por último la MM con el IMC = 0.431 ( $p<0.000$ ) fue débil.

**Cuadro 8. Medidas antropométricas de hombres y mujeres adultas**

Rango de Edades	N=2228 N=5904		Peso (kg)				Talla (cm)				IMC			
			Hombres		Mujeres		Hombre		Mujeres		Hombres		Mujeres	
			$\bar{x}$	DE	$\bar{x}$	DE	$\bar{x}$	DE	$\bar{x}$	DE	$\bar{x}$	DE	$\bar{x}$	DE
20 – 29.9	369	918	74.6	12.9	60.2	11.3	170.2	7	157.9	6	25.7	3.9	24.1	4.1
30 – 39.9	546	1292	76.7	12.7	63.7	11.3	168.9	6.9	156.8	6	26.8	3.8	25.9	6.1
40 – 49.9	583	1609	78.5	13.2	66.3	12.2	168.9	6.9	155.6	5.9	27.5	4	27.6	4.7
50 – 59.9	397	1072	77.6	11.9	67.1	11.8	167.7	6.9	154.2	5.7	27.6	3.6	28.5	4.8
60 – 69.9	199	650	75.7	11.7	65.2	11.3	166.2	6.7	154.4	5.7	27.4	3.7	28.6	4.5
> 70	134	363	69.6	10.7	60.7	9.8	163.7	7	149.9	5.6	25.8	3	27.3	4.2

\* $\bar{x}$  = media

\*\* DE = Desviación estándar.

Anova entre grupos de edad 20 vs. Otros = p<0.0001

**Cuadro 9. Composición corporal de hombres y mujeres adultos.**

Rango de edades:	MM (kg)				MG (kg)				CMO (kg)			
	Hombres		Mujeres		Hombres		Mujeres		Hombres		Mujeres	
	$\bar{x}$	DE										
20 – 29.9	50.2	6.5	33.5	4	20.6	9.1	22.9	8	2.96	0.4	2.4	0.3
30 – 39.9	50.4	7	34.6	4.2	22	8.7	25.3	8	2.89	0.4	2.4	0.3
40 – 49.9	50.9	6.9	35.2	4.5	23	7.8	27.5	8.4	2.86	0.4	2.4	0.3
50 – 59.9	50.2	6.1	34.8	4.5	23	7.9	29.4	8.5	2.78	0.4	2.1	0.3
60 – 69.9	48.7	5.9	34.1	4.3	23.4	7.5	28.3	7.1	2.7	0.4	1.9	0.3
> 70	45.3	5.4	32.5	3.6	21.1	6.5	25.8	7.1	2.6	0.4	1.7	0.3

\* $\bar{x}$  = media

\*\* DE = Desviación estándar

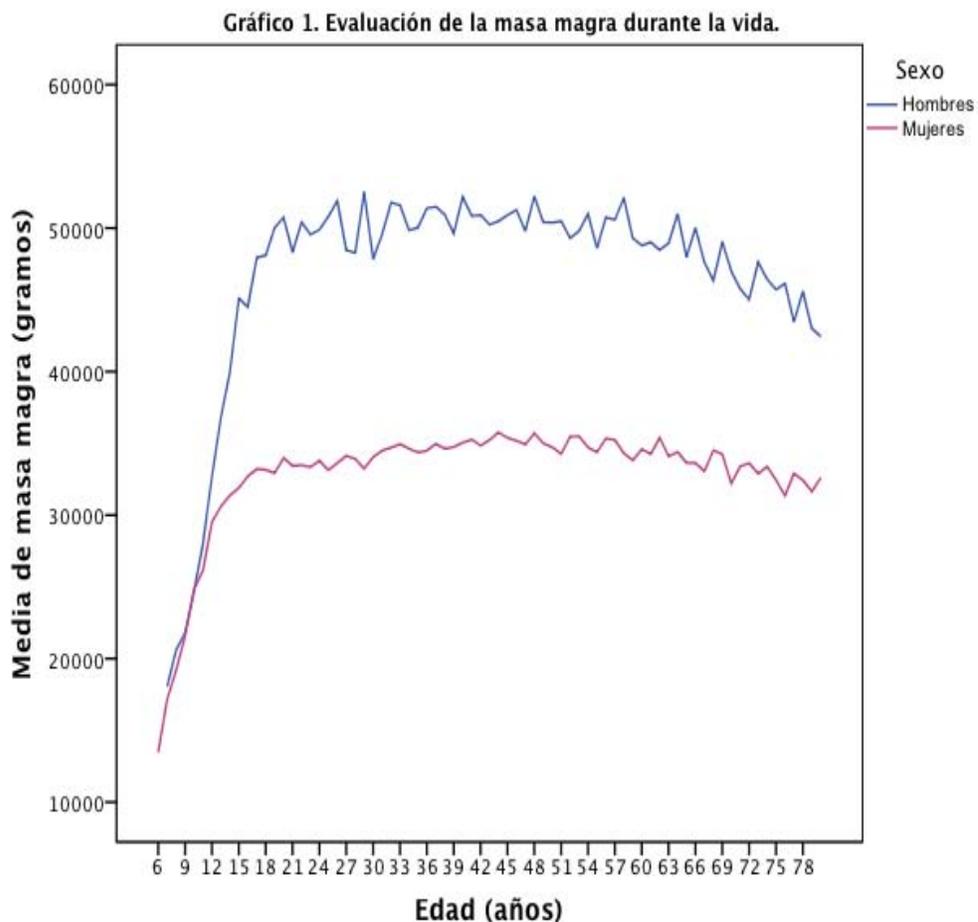
Anova entre grupos de edad 20 vs. Otros = p<0.0001

### 3. Resultados de los valores de referencia.

Después de verificar el tipo de distribución de la MM se emitieron los valores de referencia.

Los valores de referencia de la MM (kg), cuadro 7, están expresados en:  $\bar{x}$  y DE por cada año de edad y sexo. En el sexo masculino vemos como los niños de 7 años de edad tienen una media de MM ( $\bar{x}=18.05$  kg) y va en aumento continuo hasta los 20 años de edad ( $n=34$ ,  $\bar{x}=50.7$  kg), Posterior a esa, se observa una meseta sin mayores cambios hasta los 60 con una fluctuación no mayor de 4.3 kg. A partir de los 60 años empieza una disminución continua y paulatina de 5 kg MM, hasta llegar a el grupo de > 75 años.

Por otro lado, las mujeres empiezan a los 7 años con una MM de  $17.18 \pm 2.08$  ( $n=27$ ) y aumenta constantemente hasta los 20 años ( $n=60$ ,  $\bar{x}=33.98 \pm 4.79$ ) comportándose igual que el sexo masculino, formando una meseta que se mantiene por varias décadas la fluctuación promedio de la MM es menor que en los hombres 2.7 kg. A partir de los 60 años, ( $n=60$ ,  $\bar{x}=34.59 \pm 3.99$ ) la disminución de la MM es de 2.2 kg hasta los >75 años.

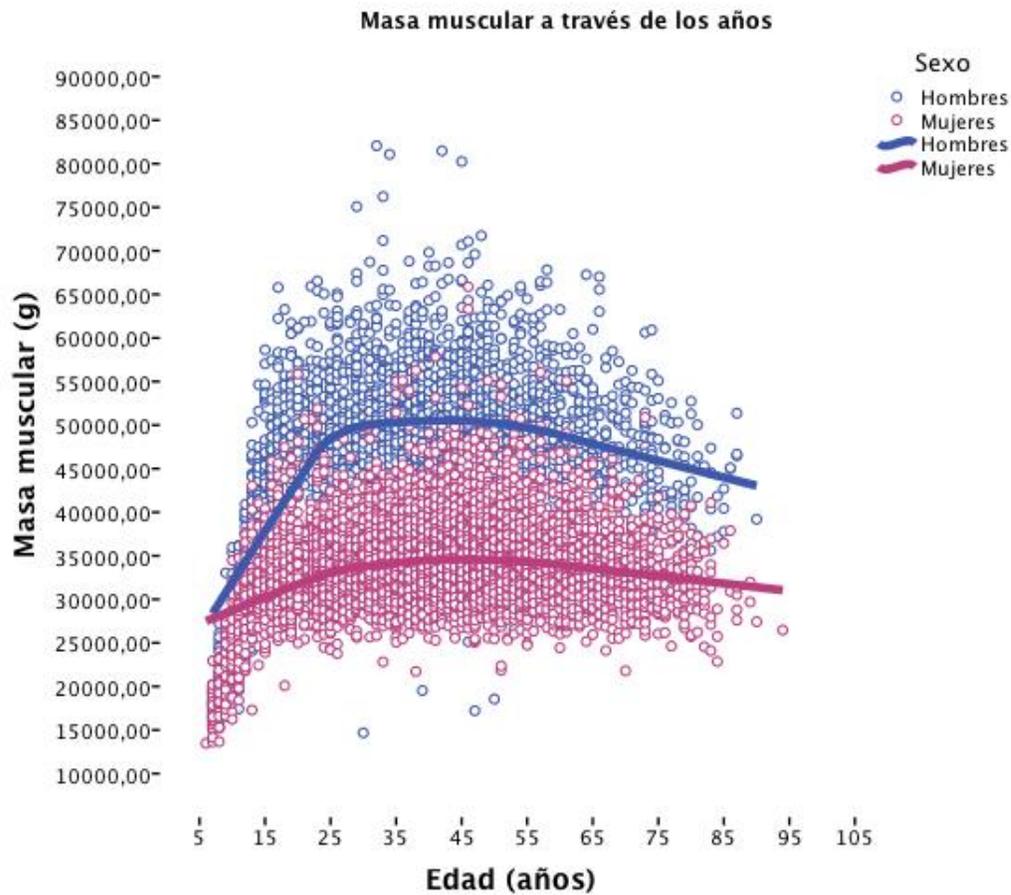


**Gra. 1.** En el eje de las X se encuentra la edad por cada tres años y en el eje de las Y la media de la MM en gramos. El sexo masculino se encuentra en color azul y el femenino en rosa.

Al hablar de las mujeres podemos observar como empieza un incremento acelerado en las fases más importantes del crecimiento que son la infancia y la adolescencia y su detenimiento al concluir estas, al comienzo de la edad adulta. La MM se desarrolla y llega a su máximo a la edad de 20 años aproximadamente y empieza con una pequeña fluctuación por toda la edad adulta y una disminución a partir de la década de los sesenta.

Por otro lado, en los varones el crecimiento es más acelerado que en las mujeres, teniendo su máximo desarrollo de MM a partir de los 24 años, pero también en la década de los veinte, se mantiene constante con fluctuaciones más marcadas que en las mujeres y su declive que empieza en la década de los sesentas es mayor.

Gráfico 2. Valores de la media de músculo por edad usando “LOESS” en gráfico de dispersión por sexo.



Gráfica 2. Comenzamos nuestros análisis preliminares mediante el ajuste de un diagrama de dispersión de regresión ponderada localmente suavizado (LOESS) por sus siglas en inglés, forma una línea que junta a los datos como se muestra en esta gráfica, los hombres en azul y mujeres en rosa.

El procedimiento LOESS es un método no paramétrico para el ajuste de una curva suavizada que mejor caracteriza la relación entre 2 variables continuas, en este caso la edad expresada en años y la masa muscular en gramos.

Corrimos una regresión lineal para mostrar las diferentes fases de desarrollo en los grupos de niños y jóvenes, el mantenimiento de la misma y la pérdida en la población adulta, ya que prevé el comportamiento de la MM a través de los años.

Cuadro 10. Valores de referencia de masa muscular (MM) en kg.

Edad	Hombre			Mujeres		
	Masa muscular (kg)			Masa muscular (kg)		
Años	n	$\bar{x}$	DE	n	$\bar{x}$	DE
7	21	18.05	1.63	27	17.18	2.08
8	38	20.61	3.22	39	19.19	2.22
9	33	21.8	3.4	45	21.56	3.37
10	49	24.73	3.36	50	24.84	4.18
11	63	28.04	4.38	44	26.14	4.08
12	37	32.72	4.95	51	29.52	4.06
13	59	36.81	6.04	81	30.61	3.78
14	51	39.95	5.24	63	31.37	3.25
15	54	45.08	5.21	95	31.88	3.56
16	55	44.5	4.3	76	32.69	3.72
17	60	47.95	5.79	73	32.76	5.89
18	39	48.1	5.47	67	33.16	4.74
19	35	50.02	6.41	78	32.92	4.38
20	34	50.74	5.06	60	33.98	4.79
21	28	48.31	6.11	78	33.43	3.88
22	25	50.41	7.89	87	33.48	4.04
23	38	49.55	6.59	111	33.34	4.4
24	31	49.89	5.45	113	33.79	4.16
25	35	50.81	5.58	92	33.12	3.8
26	41	51.9	7.64	88	33.62	3.99
27	32	48.45	5.32	112	34.14	4.01
28	51	48.28	5.56	92	33.92	3.58
29	55	52.5	6.74	85	34.37	4.73
30	53	47.83	7.54	99	34.03	3.57
31	40	49.55	7.54	126	34.49	4.3
32	51	51.78	7.24	106	34.7	4.22
33	57	51.59	7.63	116	34.94	3.82
34	63	49.85	7.43	136	34.63	3.96
35	55	50.02	5.44	148	34.37	4.73
36	53	51.38	4.85	151	34.48	4.14
37	46	51.49	6.43	145	34.97	4.61
38	75	50.94	6.62	122	34.62	4.35
39	55	49.63	7.74	143	34.74	3.91
40	48	52.17	6.77	141	35.04	4.16

Continuación.

		Hombre		Mujeres		
Edad		Masa muscular (kg)			Masa muscular (kg)	
Años	N	$\bar{x}$	DE	n	$\bar{x}$	DE
41	50	50.85	6.97	147	35.26	4.88
42	52	50.91	7.59	169	34.84	4.01
43	58	50.24	6.27	153	35.23	3.96
44	42	50.48	5.38	170	35.77	4.63
45	64	50.91	8.08	139	35.38	4.4
46	80	51.26	7.01	182	35.18	5.51
47	64	49.8	7.49	191	34.92	4.37
48	53	52.21	6.38	154	35.7	4.51
49	72	50.4	6.3	163	35	4.53
50	60	50.37	6.47	142	34.73	4.28
51	37	50.48	6.3	128	34.27	4.85
52	42	49.3	5.27	136	35.47	4.52
53	43	49.79	6.4	93	35.49	5.25
54	38	50.98	7.12	105	34.71	4.46
55	34	48.6	6.21	120	34.38	4.33
56	44	50.74	4.95	105	35.34	4.21
57	39	50.58	6.16	91	35.23	4.76
58	33	52.11	6.13	71	34.31	3.11
59	27	49.29	5.43	81	33.81	4.09
60	33	48.79	6.28	61	34.59	4.59
61	20	49.01	6.19	88	34.26	5.15
62	25	48.42	5.48	29	35.38	4.25
63	25	48.95	4.48	60	34.1	3.99
64	19	51	4.68	65	34.4	4.26
65	20	47.98	5.11	82	36.63	4.03
66	16	50	8.18	58	33.62	3.46
67	13	47.61	5.38	62	33.06	3.42
68	18	46.33	5.86	54	34.51	5.05
69	10	49.04	5.6	51	34.23	3.66
70	16	47	5.73	37	32.2	3.43
71	13	45.76	6.1	39	33.4	3.6
72	8	45.01	5	35	33.62	3.56
73	14	47.63	5.84	55	32.88	4
74	17	46.44	6.04	28	33.38	2.92
75	8	45.71	5.95	30	32.44	3.53

		Hombres		Mujeres		
Edad		Masa muscular (kg)			Masa muscular (kg)	
Años	N	$\bar{x}$	DE	n	$\bar{x}$	DE
76	7	46.13	3.98	17	31.35	3.14
77	8	43.47	5.09	23	32.89	3.35
78	6	45.58	4.84	21	32.44	2.8
79	9	42.99	2.93	20	31.64	3.76
80	7	42.45	7.15	16	32.61	3.95
81	5	44.12	4.81	11	31.77	3.22
82	1			10	31.26	3.76
83	4	41.96	5.12	8	31.95	5.54
84	2	39.5	3.27	3	25.81	3
85	3	40.3	24.54	1		
86	2	45.03	65.34	2	34.38	4.93
87	3	48.16	27.62	4	29.57	16.89
88						
89				2	30.83	16.06

## Discusión

El presente estudio tuvo como objetivo determinar los valores de referencia de la población de la cohorte de trabajadores de la salud en México. El describir los valores de referencia de los diferentes componentes de la composición corporal CC son de gran utilidad para establecer diagnósticos en la práctica clínica en diversas enfermedades metabólicas y crónico degenerativas como la obesidad, anorexia y sarcopenia<sup>10</sup> entre otras mencionadas anteriormente.

Es pertinente que los valores de referencia se realicen en las diferentes poblaciones ya que, la etnicidad y los estilos de vida confieren características distintas en las diferentes poblaciones<sup>48</sup>.

La creciente preocupación mundial sobre la sarcopenia, (pérdida degenerativa de masa muscular y función en adultos mayores), es debida al incremento en esta patología en todas las poblaciones estudiadas de las cuales México no es la excepción: de acuerdo a los datos de la CONAPO<sup>49</sup> las cifras crecientes de este segmento de la población aunado a el incremento en la esperanza de vida, muestran en nuestra población un aumento creciente y sostenido de la población mayor de 67 años. En el año 2050 el 37% de la población mexicana superará los 50 años y el 14% tendrá 70 años o más<sup>47</sup>.

Morley et al., en un estudio con población de la tercera edad, muestra que la sarcopenía es un indicador de discapacidad física en hombres y mujeres, con una prevalencia del 10% en las décadas de los 60s a 70s años y que se incrementa al 30% en mayores de 80 años<sup>49</sup>. Los datos nacionales de Arango-Lopera V.E en México reportaron una prevalencia de sarcopenia en adultos mayores de 70 años y más del 33.8%<sup>48</sup>.

Al describir los valores Z-score del IMC de los niños y adolescentes de la corte (7 a los 18 años) mostró que tanto los niños como las niñas se encontraban dentro de rangos normales, de acuerdo a la clasificación de la OMS.

Al revisar el IMC de los adultos, encontramos que en hombres y mujeres el IMC se encuentra en rango de sobrepeso en todos los individuos estudiados.

La investigación de la MM es reciente, y ha tomado una gran importancia durante la última década, debido al envejecimiento de la población mundial y a las

consecuencias que la disminución en la MM tienen sobre la función, la independencia, la salud y la calidad de vida en los adultos mayores <sup>48, 49</sup>.

La disminución de la masa muscular conlleva a una pérdida involuntaria de la función y fuerza de la MM; ambas contribuyen significativamente a la fragilidad, caídas, fracturas por fragilidad y por ende muerte en el adulto mayor <sup>50, 51</sup>.

Como se puede ver en la revisión sistemática realizada para esta tesis, de los 12 estudios seleccionados, solo 7 reportan los datos crudos de los valores de referencia de la MM con la medición de la masa muscular total MMT, que es la medición con la cual reportamos el presente estudio, los seis artículos restantes reportan la masa muscular apendicular (MMA) y el índice de masa muscular apendicular IMMA como lo reporta el estudio NHANES, USA. La diferencia que existe en estas dos mediciones de la MM es que la MM total incluye la MM en del tronco y es expresada en kg, mientras que la MMA incluye únicamente la MM de miembros, superiores e inferiores, sobre la talla del sujeto al cuadrado expresada en kg/cm<sup>2</sup>. Los reportes recientes tienden a preferir esta segunda forma de medición ya que la talla tiene una correlación importante con la MM total: a mayor talla, mayor es la MM de un individuo. Por otro lado, la masa muscular del tronco es variable, las diferentes densidades de las vísceras, que son órganos sólidos introducen error, ya que desde el punto de vista de diagnóstico la MMA es la que nos aporta los datos indicativos y mas precisos de la masa muscular proveniente del sistema musculo esquelético por esta razón actualmente se prefiere el reporte de MMA <sup>51</sup>. El reporte de la MM total es una limitante en nuestro estudio dada por el equipo que solo reporta la MM total.

Al comparar nuestro estudio con estudios similares en poblaciones diferentes, Bazzocchi en Italia reporta las  $\bar{x}$  de la MM en (g) en grupos de edad por décadas y desagregada por sexo. En el grupo de 31 – 40 años, las medias reportadas fueron de 57.78 kg en hombres y 38.90 kg en mujeres. El mismo grupo de edad en nuestro estudio, las medias en hombres y mujeres fueron menores 50.4 kg y 34.6 kg, respectivamente. Al revisar el IMC de los italianos versus los mexicanos encontramos que la media del IMC de Bazzocchi de 24.52 para hombres y 23.89 para mujeres, (dentro del rango de normalidad) mientras que, la media del IMC de

los mexicanos fue mayor: 26.8 para hombres y 25.9 para mujeres, ambos en el rango de sobrepeso. Esto puede sugerir que los italianos tengan una diferente distribución de los componentes corporales que los mexicanos, y es probable que tengan más MM.

Faulkner R.A., et al.<sup>32</sup> en un estudio de MM en niños y adolescentes canadienses, encontró que el grupo de 14 años (n=14), tenía una MM  $43.05 \pm 7.24$  y las niñas de la misma edad  $37.5 \pm 4.94$  (n=19), comparada con nuestra muestra en las mismas edades encontramos una media menor ( $39.9 \pm 5.24$  kg y  $31.3 \pm 3.25$  kg respectivamente). Al igual que en los adultos del estudio anterior el estudio anterior es de adolescentes de 14 años no de adultos se observa que los adolescentes canadienses tienen una diferencia a favor del 7.3% de MM, con los niños mexicanos y del 16.5% en las niñas mexicanas. Esto puede explicarse por probables diferencias en el fenotipo de ambas poblaciones, es factible que la población europea y la canadiense tengan una talla promedio mayor que los mexicanos; en el caso de estos dos estudios no se reporta la talla. Otro factores que podrían estar involucrados serían los estilos de vida, sobre todo el ejercicio, que tiene un papel preponderante en el desarrollo de la MM, estos estudios no están enfocados a estos aspectos, por lo cual, estas variables no se encuentran reportadas.

Encontramos únicamente un estudio en asiáticos, en población Tailandesa en niños y adolescentes donde las medias de MM de los tailandeses son similares a las de los mexicanos:  $40.45 \pm 2.70$  kg en niños y  $30.71 \pm 2.32$  kg en mujeres vs.  $39.9 \pm 5.24$  kg en hombres y  $31.3 \pm 3.25$  kg en mujeres respectivamente.

Finalmente, al comparar nuestros valores de referencia con población Latina encontramos que en la población pediátrica y adolescente de Argentina (2 a 20 años) reportada por Zancheta y cols.,<sup>33</sup> en el mismo grupo de edad de adolescentes de 14 años, las medias de MM son muy similares en ambas poblaciones:  $40.78 \pm 5.81$  kg vs.  $39.95 \pm 5.24$  kg en hombres y  $31.71 \pm 3.35$  vs.  $31.37 \pm 3.25$  en mujeres respectivamente. Aunque solo se encuentran reportes de Argentina y el presente en Latinoamérica, podríamos pensar que, la región latina comparta factores comunes tanto en su genotipo como en sus estilos de vida. Un

ejemplo de ello, es el estudio LAVOS <sup>53</sup>, donde se incluyeron 5 países de Latinoamérica para el estudio de DMO y fracturas vertebrales (entre ellos Argentina y México), donde se demostró que a través del ajuste por país etnicidad y color de piel, no se encontraron diferencias significativas entre estos 5 países y los datos de fracturas vertebrales pudieron combinarse para dar una prevalencia de la región. Estudios similares con la misma metodología podrían realizarse en la MM incluyendo los factores de riesgo y la talla para determinar las diferencias en las poblaciones.

Por otro lado, dos estudios de Ellis K., et al.<sup>35</sup> comparan la población blanca, negra e hispana de 3 a 20 años en ambos sexos encontrando que los negros tuvieron una mayor MM y no existió diferencia significativa entre los blancos y los latinos. Este estudio destaca la importancia de que los valores de referencia deben de ser específicos para las diferentes poblaciones ya que las características pueden variar <sup>37</sup>.

Hill., y cols <sup>54</sup>, incluyeron adicionalmente a la medición de la MMT algunas variables de estilo de vida como el hábito del tabaco, si fuma actualmente o si ha fumado en el pasado, (no siendo significativa), actividad física (horas caminadas por semana) 1.58 (0.15, 3.01) actividades de la vida diaria, (trabajo en la granja 1.58 (0.46, 2.71) o en la pesca, 2.72 (1.24, 4.20) (trabajos al exterior) encontrando una correlación la actividad física y la cantidad de MM. De la misma forma Gianoudis y col., <sup>55</sup> reporta una correlación positiva entre la cantidad de MM, la DMO y el estilo de vida, en variables como el sedentarismo, medido en proporción del tiempo que pasa sedentario en el trabajo, horas al día que pasa viendo la TV y total de horas al día sentado.

El comportamiento de los diferentes compartimientos de la composición corporal, es variable, la MM y el tejido óseo tienen una correlación importante a lo largo de la vida, no así, la MG que puede depender en gran parte de los estilos de vida.

La conservación adecuada de la MM y el contenido mineral óseo tiene gran importancia para la calidad de vida de los adultos mayores donde las recomendaciones en la dieta y la actividad física son determinantes para una mejor calidad de vida y retrasar la aparición de sarcopenia, sarco-osteopenia o

fragilidad del anciano. Un adecuado esquema en la dieta, con aporte de proteína adecuado, calcio y vitamina D, aunado a ejercicios aeróbicos y de resistencia de acuerdo a la edad y las condiciones de los pacientes es determinante para el mantenimiento y conservación de la MM que permitirán una mejor movilidad, mayor independencia y autosuficiencia en los adultos mayores <sup>56</sup>.

Como puede verse a través de la evidencia de la literatura, obtener valores de referencia propios es lo recomendado. El presente estudio nos permitió conocer el comportamiento de la MM en un extenso grupo de la población mexicana, y desarrollar los valores de referencia que nos permita en un futuro cuantificar de la diferencia entre un individuo con MM normal vs. aquel con una MM mayor o menor para su edad y sexo.

Dentro de las fortalezas de nuestro estudio se encuentran un tamaño de muestra y un rango de edades amplio (7 a 85 años) en ambos sexos estudiando a la totalidad de los sujetos de la corte que cumplieron con los criterios de inclusión al estudio, excediendo al tamaño estimado de la muestra, lo que nos permitió tener una mayor precisión de la medición y de la misma forma, describir con holgura el comportamiento y desarrollo de la MM en el ciclo de la vida de esta amplia muestra.

En nuestro estudio se encuentran algunas limitaciones. Aunque la muestra es amplia e incluyó a sujetos de los 7 a los 85 años, a partir de los 70 años en hombres y 75 en mujeres no tuvimos los suficientes sujetos por lo que a partir de esta edad la muestra ya no fue representativa.

La muestra de sujetos de esta *cohorte* proviene del centro del país (megalópolis) y es representativa del 25% de la población de México, sería deseable que estudios futuros incluyeran una muestra representativa de otros estados de la república del norte, centro y sur del país en los que conocemos que tienen características genotípicas diferentes <sup>57</sup>.

Además, esta cohorte puede suponer que tiene un sesgo de selección ya que son trabajadores del sector y sus familias, son tres mujeres por un hombre y los niños y adolescentes son sanos y los adultos tienen sobrepeso.

Nuestro estudio reporta la MM total, que incluye la MM del tronco, que contiene

vísceras y órganos sólidos, estos últimos no todos corresponden a MM pero por su densidad se suman la MM total. Aunque esta fue la forma de reportar la MM durante algunos años, en la actualidad se prefiere reportar la MMA, ya que es la que desde el punto de vista funcional y de patología es la importante. El equipo de densitometría y tiempo en el que se realizaron los estudios no permite hacer la medición por separado de la MM total y la MMA y es una limitación relativa de este estudio. Es deseable el realizar un estudio posterior obteniendo la masa muscular apendicular total y el IMM<sub>a</sub> ajustado a la estatura MMA/cm<sup>2</sup>.

Se observan diferencias significativas entre hombres y mujeres y por grupos de edad. El declive es mayor y casi el doble en los hombres 13 % que en las mujeres 7%.

Un hallazgo importante que se encontró es que la MM no disminuye tanto con la edad como se mostraba en algunos artículos revisados en la literatura, sino que se mantiene durante varias décadas de la vida adulta y empieza su disminución después de la década de los 60 años, a diferencia de otros artículos que sugieren que la disminución de la MM empieza a partir de la década de los cincuenta y el declive es más pronunciado.

## **Conclusiones**

Se estudió una muestra amplia con un rango de edad de los 7 a los 89 años donde se demuestra un comportamiento biológico de la MM.

Estos valores servirán como referencia para determinar la MM que tienen los sujetos de esta cohorte y poder establecer así, la masa muscular normal, de la anormalidad, de acuerdo a la edad y sexo. Estos valores, se podrán utilizar en la clínica, medicina preventiva y en padecimientos que involucren este tejido como la desnutrición y trastornos de la alimentación entre otros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Gil A. Análisis de la composición corporal. En: *Tratado de Nutrición Tomo III, Nutrición Humana en el estado de Salud*. 2da. edición. Ed. Médica Panamericana. España: 2010. p. 100-132.
2. Garrow JS. *Composition of the body*. In: *Human Nutrition and Dietetics*. Ch. Livingstone, 9<sup>o</sup> Ed. Churchill Livingstone:1993.
3. Bone Densitometry Course. *Technologist Course Syllabus and Associated Reading Materials*. ISCD. Versión 10.2.
4. Barret KE, Boitano S, Barman S y Brooks HI. Ganong Fisiología médica. 23<sup>a</sup> ed. McGraw-Hill. p.93-113.
5. Novack J, Llopis J. Evaluación del estado nutricional. En: *Nutrición y salud pública: Métodos, bases científicas y aplicaciones*.1995.p.73-89.
6. Roach J. Nutrición. En: *Lo esencial en metabolismo y nutrición*. Ed. Elsevier. 2<sup>o</sup> Ed. Espuma 2008.p.144-181.
7. Velásquez M, Pietrobelli. Composición corporal. En: *Nutrición enteral y parenteral*. Ed McGraw Hill. México 2007.81-98.
8. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados Nacionales. Primera Ed. 2012.
9. Barquera S, Campos-Nonato I, Pedroza-Tobías A, y cols. *Prevalencia de obesidad en adultos mexicanos, ENSANUT 2012*. Salud pública de México
10. Gutiérrez Robledo LM. *Looking at the future of geriatric care in developing countries*. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2002. Mar;57(3):M162-7.
11. Blake, G.M. and I. Fogelman, *Technical principles of dual energy x-ray absorptiometry*. Semin Nucl Med. 1997. 27(3): p. 210-28.
12. Wang ZM, Pierson RN y Heymsfield S, *The five level model: a new approach to organizing body-composition research*. Am J Clin Nutr. 1992.56:19-28. "Body weight" *NCBI*. PubMed, Web. 15 Oct. 2012. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh?term=body%20height>>
13. Sun S, Chumlea C, Heymsfield S, Lukaski H, et al. *Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponenten model for use in epidemiologic surves*. Am J Clin Nutr. 2003. 77:331-40.
14. Welle S. Human Protein Metabolism. New York, NY. Springer. 1999.
15. Matthews DE. Proteins and amino acids. In: Ed. Shils ME. *Modern Nutrition in Health and Disease*. Williams and Wilkins, Baltimore, MD. p.11-48.
16. Overend TJ, Cunningham DA, Paterson DH, Lefcou MS. Thigh composition in young and elderly men determined by computed tomography. Clin Physiol. 1992. (12): 629-640.
17. Reeds PJ, Fjeld CR, Jahoo F. Do the differences between the amino acid compositions of acute-phase and muscle proteins have a bearing on nitrogen loss in traumatic states? J Nutr. 124: 906-910.
18. Kent-Braun JA, Ng AV, Young K. Skeletal muscle contractile and noncontractile components in young and older women and women. J Appl Physiol. 2002. (88): 662-668.

19. Sayer AA, Syddall H, Martín H. et al. *The developmental origins of sarcopenia*. J Nutr Health Aging. 2008.12(7):427-432.
20. Marcell TJ. *Sarcopenia: causes, consequences, and preventions*. J.Gerontol. A Biol,Sci.Med.Sci. 2003; 58:M911-M916.
21. Pietrobelli A. et al. *Multi-component body composition models: recent advances and future directions*. Eur J Clin Nutr. 2001. **55**(2):69-75.
22. Lee, S.Y. and D. Gallagher, *Assessment methods in human body composition*. Curr Opin Clin Nutr Metab Care, 2008. **11**(5): p. 566-72.
23. Gallanger D, Kuznia P, Heshka S., et al. *Adipose tissue in muscle; a novel depot similar in size to visceral adipose tissue*. Am J. Clin Nutr. 2005; 81: 903-910.
24. Frisancho RA, *Anthropometric Standards for the Assessment of Growth and Nutritional Status*. The University of Michigan 1 Press; Ann Arbor, 1990
25. Nunez C, Gallagher D, Visser M, et al. *Bioimpedance analysis: evaluation of leg to leg system based on pressure contact footpad electrodes*. Med Sci Sports Exerc. 1997;29:524-531
26. Gutin B., Litaker M., Islam S., et al. *Body-composition measurement in 9-11-y-old children by dual-energy X-ray absorptiometry, skinfold-thickness measurements, and biomedancia analysis*. Am J Clin Nutr. 1996;63:287-92
27. Heymsfield SB, Smith R, Aulet M, et al., *Appendicular skeletal muscle mass: measurement by dual-photon absorptiometry*. Am J Clin Nutr , 1990. 80; 214-218.
28. Andreoli A, Scalzo G, Masala S, Tarantino., et al. *Body composition assessment by dual – energy x-ray absorptiometry (DXA)*. Radial Med 2009; 114: 286-300.
29. Rice CL, Cunningham DA, Paterson DH; Lefcoe MS. *Arm and leg composition determined by computed tomography in young and elderly men*. Clin Physiol. 1998. (9):207-220.
30. Corbo DN, Tomografía Axial Computada, Monografía vinculada a la conferencia del Ing. Rafael Sanguinetti sobre PACS del 27/04/2004. XIII Seminario de Ingeniería biomédica 2004 1. Núcleo de Ingeniería biomédica. Facultad de medicina e ingeniería. Universidad de la República Oriental del Uruguay.
31. MacNeil JA, Boyd SK, *Accuracy of high-resolution peripheral quantitative computed tomography for measurement of bone quality*. Med Eng Phys. 2007; 29: 1096-1105.
32. Faulkner R.A., Bailey D.A., Drinkwater DT., et al. *Regional and Total Body Bone Mineral Content, Bone Mineral Density, and Total Body Tissue Composition in Children 8-16 Years of Age*. Calcif Tissue Int 1993; 53:7-12.
33. Zancheta JR, Plotkin H y Alvarez Filguera., *Bone Mass in Children: Normative Values for the 2-20 Year-Old Population*. Bone.1995;16:4;393S-399S.
34. Ellis KJ. *Body composition of a young, multiethnic, male population*. Am J Clin Nutr, 1997;66:1323-31.
35. Ellis KJ., Abrams AS and Wong WW. *Body composition of a young, multiethnic, female population*. Am J Clin Nutr, 1997;65:724-31
36. Bazzocchi A., Diano D., Ponti F., Andreone A., Sassi Cl., et al. *Health and ageing: A cross-sectional study of body composition*. Clinical Nutrition. 2012;10:1-10.

37. Kelly, T.L., Wilson E.K., y Heymsfield S.B., Dual Energy X-Ray Absorptiometry Body Composition Reference Values from NHANES. *Plosone*, 2009;4:9
38. Hong S., Jin Oh H., Choi H., et al. *Characteristics of Body Fat, Body Fat Percentage and Other Body Composition for Koreans from KNHANES IV*. *J. Korean Med Sci* 2011;26:1599-1605.
39. Nakavachara P., Pooliam J., Weerakulwattana L., et al. *A Normal Reference of Bone Mineral Density (BMD) Measured by Dual Energy X-Ray Absorptiometry in Healthy Thai Children and Adolescents Aged 5 -18 Years: A New Reference for Southeast Asian Populations*. *Plos One*.2014;9(5):1-10.
40. Manzoni P., Bramilia P., Pietrobelli Angelo., et al. *Influence of body composition on bone mineral content in children and adolescents*. *Am J Clin Nutr* 1996; 64: 603-7.
41. Tichet J., Vol S., Goxe D., Salle A., Berrut G., et al. *Prevalence of sarcopenia in the french senior population*. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*. 2008;12:3:202-206.
42. Ramírez E., Valencia M.E., Moya Camarena S.Y., et al., *Estimación de la masa grasa por DXA y el modelo de cuatro compartimentos en púberes mexicanos de 9 a 14 años*. *Órgano oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición*.2010;60:(3):240-46.
43. Ogle GD., Allen JR.,Humphries IRJ., et al. *Body-composition assessment by dual-energy x-ray absorptiometry in subjects aged 4-26 y*. *Am J Clin Nutr* 1995; 61: 746-53.
44. Rivas-Ruiz R, et al. *Speed Of Bone Accretion Assessed by Dual X-Ray Absorptiometry (DXA) and Quantitative Ultrasound (QUS) in Mexican Health Workers Cohort Study*. *Journal of Clinical Densitometry*, 2014;17(3).
45. Talavera J, Rivas-Ruiz R, Bernal-Rosales., et al. *Tamaño de muestra*. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc* 2011;49 (3): 289-294.
46. Arechiga J., Mejia M.R., et al. *Análisis comparativo de la edad media de menarquia en población mexicana*. UNAM. 259-267.
47. *Proyecciones de la población de México 2010-2050*. Consejo Nacional de Población. México, D.F. 2012.  
<http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones>
48. Arango-Lopera VE., Arroyo P., Gutiérrez-Robledo., et al. *Prevalence of sarcopenia in Mexico City*. *European Geriatric Medicine*.2012;157-160.
49. Morley JE., *Sarcopenia: diagnosis and treatment*. *J Nutr Health Aging* 2008;12:452-456.
50. Cruz-Jentoft AJ. Morley JE. *Sarcopenia*. Ed. Wiley-Blackwell.2012.15:205-226.
51. Morales-Razo P., Rivas-Ruiz R., Duran de la Fuente IE. *Tema de reflexión. Caídas en el anciano*. *Rev Fac Med UNAM*. Nov-Dic 2007;50:6:235-237.

52. Wulan SN., Westerterp KR, Plasqui G. *Ethnic differences in body composition and the associated metabolic profile: a comparative study between Asians and Caucasians*. *Maturitas* 2010;65:315-9.
53. Clark P., *The prevalence of radiographic vertebral fractures in Latin American countries: the Latin American Vertebral Osteoporosis Study (LAVOS)*. *Osteoporos Int* (2009) 20:275–282.
54. Hill DD., Cauley JA., Sheu Y., et al. *Correlates of bone mineral density in men of African ancestry: The Tobago Bone Health Study*. *Osteoporos Int*. 2008;19:227-234.
55. Gianoudis J., Bailey C.A. y Daly R.M. *Associations between sedentary behaviour and body composition, muscle function and sarcopenia in community-dwelling older adults*. *Osteoporos Int*. 2014.
56. Hill DD., Cauley JA., Sheu Y., et al. *Correlates of bone mineral density in men of African ancestry: The Tobago Bone Health Study*. *Osteoporos Int*. 2008;19:227-234.
57. La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. ENSANUT 2012. México. 2012. *Int* (2009) 20:275-282.

## Índice de abreviaturas

CC	Composición corporal
MM	Masa muscular
MG	Masa grasa
CMO	Contenido mineral óseo
DMO	Densidad mineral ósea
DXA	Densitómetro dual de rayos X
P	Peso
T	Estatura o talla
E	Edad
S	Sexo
IMC	Índice de masa corporal
CMOT	Contenido mineral óseo total
DMOT	Densidad mineral ósea total
DMOEL	Densidad mineral ósea de espina lumbar
DMOCF	Densidad mineral ósea de cabeza del fémur
DMOR	Densidad mineral ósea del radio
Ta	Tensión arterial
% MG	Porcentaje de masa grasa tota
IMM	Índice de masa muscular
SMI	Índice de masa esquelética
IMMa	Índice de masa muscular apendicular
ACT	Agua corporal total
MLG	Masa libre de grasa
DC	Densidad corporal
% MG/MT x 100	Porcentaje de masa grasa entre masa total por cien
IMG/T2	Índice de masa grasa sobre talla al cuadrado
IMMa/T2	Índice de masa muscular apendicular sobre talla al cuadrado
IMMa/MMT	Índice de masa muscular apendicular sobre masa muscular total
BA	Área esquelética

“Valores de referencia de la masa muscular evaluada por DXA, por grupos de edad y sexo de una *cohorte* de trabajadores de salud en México”.

---

Vo.Bo.

Tutora. Dra. Patricia E. Clark P.  
Unidad de Epidemiología Clínica.  
Hospital Infantil de México Federico Gómez  
Facultad de Medicina/UNAM