



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Medicina  
Doctorado en Ciencias de la Salud

Diseño y validación de ecuaciones basadas en antropometría y bioimpedancia eléctrica para estimar masa muscular en extremidades en adulto mayor con independencia física

**TESIS**

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Doctor en Ciencias de la Salud

**Presenta:**

Diana Beatriz Rangel Peniche

**Dirigido por:**

Dr. Heliodoro Alemán Mateo

Centro Universitario  
Querétaro, Qro.  
Febrero, 2012

México



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Medicina  
Doctorado en Ciencias de la Salud

**Diseño y validación de ecuaciones basadas en antropometría y bioimpedancia eléctrica para estimar masa muscular en extremidades en adulto mayor con independencia física**

**TESIS**

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Doctor en Ciencias de la Salud

**Presenta:**

Diana Beatriz Rangel Peniche

**Dirigido por:**

Dr. Heliodoro Alemán Mateo

**SINODALES**

Dr. Heliodoro Alemán Mateo  
Presidente

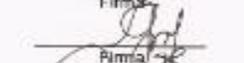
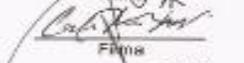
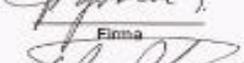
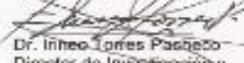
Dra. M<sup>a</sup>. Guadalupe del Rocío Guerrero Lara  
Secretario

Dr. Carlos Francisco Sosa Ferreyra  
Vocal

Dr. José Trinidad López Vázquez  
Suplente

Dr. Pablo García Solís  
Suplente

Dr. Enrique López Arvizu  
Director de la Facultad de Medicina

  
Firma  
  
Firma  
  
Firma  
  
Firma  
  
Firma  
  
Firma  
Dr. Inheo Torres Pasieco  
Director de Investigación y  
Posgrado

Centro Universitario  
Querétaro, Qro.  
Febrero 2012  
México

## RESUMEN

Los cambios en la composición corporal (CC) en el adulto mayor (AM) con mayor relevancia clínica son el aumento y redistribución del tejido adiposo, la pérdida de masa ósea y la pérdida de masa muscular (MM). La pérdida tanto de MM como de fuerza (sarcopenia) se han relacionado con mayor discapacidad física y alteraciones funcionales en el anciano. Técnicas de medición muy precisas permiten estimar con poco error la CC, con la desventaja de requerir equipo costoso y poco accesible. Una alternativa es utilizar ecuaciones validadas que indirectamente estimen componentes corporales. A la fecha no se cuenta con ecuaciones desarrolladas para estimar la masa muscular en extremidades (MME) en población geriátrica mexicana. Objetivos: desarrollar y validar ecuaciones de predicción basadas en antropometría y bioimpedancia eléctrica (BIE) para estimar MME utilizando como estándar de oro a la absorciometría dual de rayos X (DEXA). Validar una ecuación publicada para estimar MME y estimar la prevalencia de sarcopenia por el método de residuales. Método.- Se invitaron sujetos mayores de 60 años, funcionalmente independientes y sin patologías que alteraran la CC. Se tomó muestra de sangre, antropometría (peso, estatura, diferentes panículos adiposos y diámetros corporales), se les realizó BIE. Algunas de estas variables se consideraron como predictoras de masa muscular. La variable a estimar fue la MME medida por DEXA. Estadística: se aplicó estadística descriptiva, regresión lineal simple y múltiple para el desarrollo de la ecuación; para la validación se utilizó el método de Bland y Altman de concordancia. Resultados.- Participaron 213 sujetos, la muestra total se dividió de manera aleatoria, un grupo para el desarrollo y el otro para la validación de la ecuación (validación cruzada). La ecuación de BIE que cumplió con los supuestos de la regresión fue la siguiente:  $MME = -9.693 + (0.421 \cdot t^2/R) + (1.837 \cdot \text{sexo}) + 0.011 \cdot R$ , donde  $t$  = talla (cm);  $R$  = resistencia ( $\Omega$ ); sexo 1 = hombre, 0 = mujer, con una  $R^2 = 0.91$  y un error estándar de la estimación (EEE) de 1.03 kg. Esta ecuación se validó en el grupo 2 (106 sujetos) y fue precisa y exacta. La ecuación por antropometría y la publicada no cumplieron con los requisitos de validación. La prevalencia de sarcopenia fue de 11.4% en mujeres y 20% en hombres.

(Palabras clave: masa muscular, ecuaciones de predicción, adulto mayor)

## SUMMARY

Changes in body composition (BC) of most clinical importance in elderly subjects are: an increase and redistribution of fat (mainly in the abdominal region), loss of muscle and bone mass. It is important to note that loss of skeletal muscle mass and strength (sarcopenia) is assumed to be a major component of frailty and functional impairment in elderly subjects. These body compartments can be measured with great accuracy using high technology equipment, with the disadvantage of its costs and accessibility. An alternative when lacking this equipment is to use validated equations which indirectly estimate body compartments, with the advantage of being practical, and of low cost. At present, there is no equation to measure muscle mass in extremities (appendicular mass) in elderly Mexican subjects. Objectives: to develop and validate equations using anthropometry and bioelectrical impedance analysis (BIA) in order to estimate appendicular skeletal muscle mass (ASMM) using dual energy X ray absorptiometry (DXA) as the gold standard. To validate a published equation developed in Caucasians, and to obtain the prevalence of sarcopenia with the residual method. Method: healthy 60 y and over elderly were invited; they were functionally independent and had no disease which altered their BC. Blood samples were taken, anthropometry (height, weight, breath measures), BIA and DXA as well. Descriptive statistic was used, simple and multiple regression for the development of the equation. The equation was cross validated and the Bland and Altman method was used to assess agreement between methods. Results.- A BIA equation which met regression assumptions was developed in 107 subjects and cross validated in 106:  $ASMM = -9.693 + (0.421 \cdot h^2/R) + (1.837 \cdot \text{sex}) + 0.011 \cdot R$ , where h= height (cm); R=resistance ( $\Omega$ ); sex 1= male, 0 = female, with a  $R^2 = 0.91$  and a SEE of 1.03 kg. This equation was precise and accurate. The anthropometry equation and the published one lacked accuracy and precision. Prevalence of sarcopenia was 11.4% in women and 20% in men.

(Key words: muscle mass, prediction equations, elderly people)

## DEDICATORIAS

A Luis, sencillamente por como eres, y por ser como eres, es que te amo.

A Diana y a Lore, el orgullo de mi vida.

A mi querida familia: Argis, Enrique, Patricia y Roberto

A mi Papá, mi mayor ejemplo,... te extraño

A Lili, amiga del alma, donde quiera que te encuentres.

Al Dr. Luis Ize Lamache y al Dr. José Antonio Carrasco, por favorecer mi primer contacto con la verdadera enfermedad.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco el apoyo brindado por la Técnico Rosario Botello Pacheco en la realización de los estudios de DEXA, pieza fundamental de este trabajo.

A Graciela y Paulina, más que estudiantes, colaboradoras y amigas, siempre dispuestas a trabajar, cualquier día y a cualquier hora.

Al Dr. Heliodoro Alemán Mateo, por haber accedido a formar parte de esta investigación de gran importancia para mí.

A las Químicas Olga Machuca Becerril, Laura Cárdenas y Yadhira, quienes facilitaron el procesamiento de las muestras de sangre.

A los adultos mayores, protagonistas entusiastas y cooperadores.

Esta investigación contó con el apoyo de la Secretaría de Salud, a través del Hospital General, en el procesamiento de las muestras de sangre

## INDICE

RESUMEN .....	i
SUMMARY .....	ii
DEDICATORIAS .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
INDICE .....	vi
INDICE DE TABLAS.....	ix
INDICE DE FIGURAS Y GRÁFICAS .....	x
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA .....	4
<b>Demografía del envejecimiento:</b> .....	4
<b>Generalidades de la Composición Corporal en el Adulto Mayor:</b> .....	6
<b>Masa Muscular</b> .....	7
Causas o contribuyentes de la pérdida de la masa muscular .....	13
Implicaciones Clínicas de la Pérdida de la Masa Muscular o Sarcopenia.....	13
<b>Métodos para medir la masa muscular</b> .....	16
Absorciometría dual de rayos X.....	18
Antropometría .....	20
Bioimpedancia Eléctrica .....	21
Justificación:.....	25
Objetivo General: .....	27
Objetivos Específicos: .....	27
Hipótesis .....	27

III. METODO.....	28
Diseño de Estudio: .....	28
Definición del Universo.....	28
Tamaño de la Muestra .....	28
Criterios de Inclusión.....	28
Criterios de Exclusión.....	29
Etapas del Estudio: .....	30
Antropometría .....	32
Bioimpedancia.....	33
DEXA.....	33
Revisión y aprobación por el Comité de Bioética.....	33
Análisis Estadístico: .....	34
Desarrollo y validación cruzada de la ecuación: .....	34
Diagnóstico del modelo: .....	35
Validación de la ecuación:.....	35
IV. RESULTADOS y DISCUSIÓN .....	37
Desarrollo de ecuaciones de BIE: .....	41
Resultados del diagnóstico del primer modelo: .....	42
Validación cruzada: .....	47
Validación de una ecuación de BIE desarrollada en población caucásica .....	49
Desarrollo de modelos por antropometría: .....	53
Prevalencia de Sarcopenia.....	60
Conclusiones.....	61

V. LITERATURA CITADA.....	62
VI. ANEXOS.....	75
Anexo 1. Índice de Katz .....	75
Anexo 2. Escala de Pfeiffer .....	77
Anexo 3. Técnicas Antropométricas .....	78
Anexo 4. Técnica de Bioimpedancia .....	80
Anexo 5. Técnica de medición por DEXA.....	81
Anexo 6. Explicación estadística .....	83
Anexo 7. Matriz de correlación .....	89

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de fibras musculares y características distintivas .....	10
Tabla 2. Indicadores comparativos por sexo (promedio y desviación estándar (DE)).....	37
Tabla 3. Comparativo de indicadores según subgrupos (promedios y DE) .....	40
Tabla 4. Contribución y orden de entrada de las variables en los modelos de BIE .....	41
Tabla 5. Prueba de normalidad de las varianzas del primer modelo .....	45
Tabla 6. Prueba de normalidad de las varianzas del segundo modelo .....	46
Tabla 7. Comparación de EEE y el Error puro en la muestra de validación .....	47
Tabla 8. Resultados de la exactitud del modelo por BIE y el DEXA .....	47
Tabla 9. Comparación del EEE y el Error puro en la ecuación de Kyle.....	49
Tabla 10. Resultados de la exactitud de la ecuación de Kyle y el DEXA.....	50
Tabla 11. Contribución y orden de entrada de las variables en el modelo de antropometría.....	53
Tabla 12. Prueba de normalidad del modelo por antropometría.....	56
Tabla 13. Comparación de EEE y el Error puro en la muestra de validación .....	57
Tabla 14. Resultados de la exactitud del modelo por antropometría y el DEXA .....	58

## INDICE DE FIGURAS Y GRÁFICAS

Figura 1. Estructura del músculo esquelético .....	8
Figura 2. Fibra muscular.....	9
Gráfica 1. Linealidad de las variables predictoras y la variable dependiente .....	43
Gráfica 2. Gráficas de residuales para probar homogeneidad de la varianza .....	44
Gráfica 3. Histograma de residuales de la variable dependiente.....	45
Gráfica 4. Concordancia de la ecuación por BIE respecto al DEXA.....	48
Gráfica 5. Concordancia de la ecuación de Kyle respecto al DEXA.....	51
Gráfica 6. Linealidad de las variables predictoras vs la variable dependiente.....	55
Gráfica 7. Gráfica de residuales para probar homogeneidad de la varianza .....	55

## I. INTRODUCCION

Comprender los cambios que se presentan en la composición corporal (CC) con el envejecimiento y dimensionar sus implicaciones en la salud son factores relevantes para la toma de decisiones en el tratamiento clínico del adulto mayor (AM) (Chumlea et al, 1989). En el caso de un sujeto mayor, permite también comprender la relación entre las alteraciones funcionales que se presentan con la acumulación de grasa y/o con la pérdida de la masa muscular (MM) que se experimenta con la edad (Visser et al, 1998). La evaluación, cada vez más fina de la CC se ha logrado en las últimas dos décadas gracias a los avances en las técnicas para su medición. Los métodos con los que se realiza esta evaluación, van desde muy sencillos hasta muy complejos y por lo general presentan alguna limitación o no están exentos de errores en la estimación de algún componente (Lee y Gallagher, 2008).

Los cambios o alteraciones en la CC en el AM y que presentan mayor relevancia clínica, son la pérdida de MM, el aumento y redistribución del tejido adiposo (a nivel abdominal) y la pérdida del tejido mineral óseo (Baumgartner et al, 1991; Hughes et al, 2004). Es importante puntualizar que la pérdida de fuerza y MM o sarcopenia, se han relacionado con mayor discapacidad física y alteraciones funcionales en el anciano (Gallagher et al, 1997; Song et al, 2004).

En la actualidad, los métodos más exactos para medir la MM son la tomografía axial computarizada (TAC) y la resonancia magnética (RM), mismos que se han validado contra el estudio en cadáveres (estándar de oro en el estudio de la CC) (Clarys et al, 1984). Estos métodos presentan como limitación, su alto costo, poca disponibilidad y en el caso de la TAC, la exposición a radiación (Wells, 2006; Chien et al, 2008); en México, su aplicación en estudios de CC prácticamente no se lleva a cabo. Dentro de los métodos de evaluación de la CC, la absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA), es una excelente opción para la evaluación de la masa muscular en extremidades (masa apendicular). Diversos estudios han validado el uso del DEXA contra la RM en la estimación de

la masa muscular en las extremidades y la conclusión consistente es que el DEXA es un método confiable en términos de precisión y exactitud. La importancia de estimar la masa muscular total o en las extremidades radica en que con dicha medición se realiza el diagnóstico de sarcopenia. El impacto clínico de la sarcopenia, es su asociación con alteraciones metabólicas y con la pérdida de la funcionalidad. Es importante resaltar que en México el DEXA no es un método ampliamente disponible, es por ello que ante la importancia clínica que reviste la pérdida de MM en los adultos mayores, se hace necesario contar con métodos prácticos y confiables para determinar a nivel epidemiológico y clínico la MM en este grupo etario (Iannuzzi-Sucich et al, 2002).

Técnicas más sencillas, poco invasivas y de menor costo como la antropometría y la bioimpedancia eléctrica (BIE) son alternativas a métodos de laboratorio como DEXA y pueden utilizarse a nivel clínico y epidemiológico. También resultan prácticas en sujetos que por sus condiciones de salud se encuentran confinados o presentan problemas de desplazamiento. La antropometría se ha utilizado para estimar la MM de cuerpo entero. Lee et al, (2000), publicó dos ecuaciones para estimar masa muscular total en sujetos no obesos. Una ecuación incluyó 4 indicadores antropométricos aunados a la edad, el sexo y la raza y la segunda ecuación contempló dos indicadores antropométricos, aunados al sexo, la edad y la raza. La  $R^2$  de la primera ecuación fue de 0.91, con un error estándar de la estimación (EEE) de 2.2 kg; en tanto que para la segunda ecuación la  $R^2$  fue de 0.86 y el EEE fue de 2.8kg. Es importante considerar que a pesar de que estas ecuaciones son precisas y exactas, los indicadores antropométricos incluidos no son sensibles para detectar cambios en la MM a corto y mediano plazo (Lukaski, 2007).

Con respecto a la BIE, Janssen et al (2000a), desarrollaron ecuaciones para estimar MM total por BIE en 388 hombres y mujeres de 18 a 86 años, utilizando la RM como estándar de oro. A su vez Kyle et al (2003) desarrollaron una ecuación basada en BIE para estimar masa muscular en extremidades (MME) en hombres y mujeres de 22 a 94 años y la validaron con DEXA, reportando

diferencias no significativas. Recientemente Augustemak de Lima (2008), publicó una ecuación con BIE para la estimación de MME en adulto mayor de la Ciudad de Florianópolis en Brasil, sin embargo únicamente incluyó varones. En general estas ecuaciones son precisas y exactas para estimar la masa muscular total y apendicular. Sin embargo, se ha documentado que no es recomendable utilizar ecuaciones desarrolladas en poblaciones ajenas a las que van a ser aplicadas debido a diferencias en los grupos etarios y en los segmentos corporales, como puede ser el largo de piernas o brazos (Deurenberg, 2002). Aunado a ello, Alemán et al (2009), encontraron que AM mexicanos de ambos sexos presentaron una CC diferente incluyendo menor MM en las extremidades comparados con el AM caucásico y afroamericano, por lo que no solamente hay diferencias entre sexo y edad, sino también entre grupos étnicos. Con base en estos conocimientos y la inexactitud en los resultados a partir del uso inadecuado de ecuaciones desarrolladas para estimar masa corporal libre de grasa y masa grasa (Roubenoff et al, 1997; Janssen et al, 2000a), asumimos que esta inexactitud puede presentarse también al utilizar ecuaciones ajenas, en la estimación de la MM en extremidades de adulto mayor.

Si bien se han desarrollado ecuaciones a partir de antropometría y BIE, por antropometría no se ha estimado la MM en extremidades; para BIE sí se han desarrollado algunas ecuaciones para esta medición, sin embargo no para AM mexicano. Se requiere por lo tanto ahondar en la validez en el uso de estas técnicas ya que son de fácil medición y de menor costo. Específicamente en esta investigación se pretende evaluar la MME de AM, diseñar y validar ecuaciones para su estimación con el uso de antropometría y BIE, de manera que puedan ser una alternativa de bajo costo para identificar al sujeto que se encuentra en riesgo de desarrollar sarcopenia.

## II. REVISION DE LITERATURA

### **Demografía del envejecimiento:**

Es indudable que el envejecimiento poblacional va en aumento año con año. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) celebra este incremento en la esperanza de vida a nivel mundial y reconoce que el mundo está experimentando una transformación demográfica sin precedentes. Se estima que para el año 2050 a nivel mundial, el número de personas de 60 años y más alcance los 2000 millones; de manera que del 10% actual, se llegará a un 21% (ONU, 2002). Esta transformación plantea retos a todas las sociedades, por lo que es importante lograr un envejecimiento activo con sistemas adecuados de salud y suficiente apoyo social.

Tal y como sucede a nivel mundial, la estructura poblacional en México ha sufrido cambios; en los últimos 30 años se han reducido tanto las tasas de natalidad como las de mortalidad. La “pirámide poblacional” se está invirtiendo dado el aumento del grosor de su punta, correspondiente a adultos y adultos mayores y la disminución paulatina de la base, correspondiente a la infancia. Esta dinámica demográfica ha ocasionado un incremento sustancial en la población mayor de 60 años, la cual no requiere únicamente vivir más años, sino vivirlos con calidad.

Según el Censo Nacional de Población y Vivienda (INEGI), de la población total en el país, poco más de 10 millones fueron sujetos de 60 años o más, lo cual correspondió al 9.1% de la población total y se estima que para el año 2050 este porcentaje se encuentre cercano al 28%; es decir, uno de cada cuatro mexicanos será mayor de 60 años. Para el Estado de Querétaro, según resultados del Consejo Estatal de Población 2010 (COESPO), se registró una población de 1'827,937, de la cual 136,381 se reportaron como sujetos de 60 años y más, equivalente al 7.4% de la población total y radicando el 42.9% en la Capital del Estado. La edad promedio se acrecentó en Querétaro, de 73.2 años en el 2000

(media de 70.6 años en los hombres y 75.9 en las mujeres) a 75.4 años en el 2008 (media de 72.9 años en lo hombres y 77.9 en las mujeres), (CONAPO, 2008); lo cual nuevamente refleja el incremento en la esperanza de vida y por ende en el tamaño de la población de la tercera edad.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la OMS, consideran que los individuos que viven en países desarrollados inician su vida de adultos mayores a los 65 años; sin embargo, en países como México, en el que la esperanza de vida es menor, se considera al AM a partir de los 60 años (Novelo, 2003). Ante un futuro con mayor número de ancianos, se desprende la imperiosa necesidad de detectar y prevenir problemas que se asocien a la edad. Dentro de estos problemas se encuentran las caídas, alteraciones funcionales y discapacidad física, las enfermedades demenciales y las crónico degenerativas, entre otras. Las tres primeras tienen un componente asociado a la MM y a su grado de desarrollo o mantenimiento y por ende a la fuerza muscular, lo que favorece que el AM reduzca los riesgos de caídas, fracturas y disfunción.

## **Generalidades de la Composición Corporal en el Adulto Mayor:**

El estudio de la CC data más de 100 años y en la actualidad es un área importante de investigación (Valtueña et al, 1995). De manera general, la CC se refiere al estudio de las dimensiones corporales y a la proporción que existe entre sus componentes. A la CC se le considera un estado dinámico desde la infancia hasta la senectud ya que la proporción de cada componente se modifica de acuerdo a la edad y sexo (Malina, 2007; Shen et al, 2007). Medidas tan gruesas como la estatura, el peso corporal (su pérdida o incremento) o el índice de masa corporal (IMC), no dan información diferenciada sobre la cantidad de masa ósea, grasa o muscular que presenta un sujeto (Mc.Cargar, 2007). Investigaciones previas han documentado que a lo largo de los años, los sujetos mayores sanos presentan remodelamiento en su CC. La reserva grasa tiende a incrementarse y a distribuirse a nivel abdominal, en tanto que se observa una pérdida consistente de la MM, masa celular, masa mineral y agua corporal total (Gallagher et al, 2000; Cesari et al, 2001). El peso corporal y la adiposidad aumentan hasta la sexta década de la vida, con una reducción posterior en peso corporal total, masa muscular y masa mineral; se ha observado que la mujer aumenta en mayor proporción su reserva grasa en comparación al hombre (Kyle et al, 2001a).

Considerando el modelo de dos compartimientos, el peso corporal es la sumatoria de la masa grasa y de la masa corporal libre de grasa (MCLG). El que un sujeto mantenga un peso estable a lo largo del tiempo, no es necesariamente reflejo de que estos dos compartimientos se mantengan sin cambios durante todo el ciclo de la vida. Lo anterior se debe a que se puede perder MM y aumentar la reserva grasa y aun así mantener el mismo peso corporal. Reflejo de ello fueron los resultados reportados por Gallagher et al (2000), quienes en un estudio longitudinal de casi 5 años, estudiaron a 78 adultos mayores sanos (54 mujeres y 24 hombres), entre los 60 y 90 años de edad y encontraron que el peso corporal no presentó cambios significativos; sin embargo, se presentó disminución significativa en la masa muscular apendicular total y aumento en la reserva grasa,

manteniendo con ello el mismo peso corporal al finalizar el periodo de seguimiento.

Durante años se ha estudiado la asociación del exceso de tejido adiposo (particularmente su acumulación a nivel visceral) en el desarrollo de enfermedades crónicas (Chumlea y Baumgartner, 1989; Hughes et al, 2004) y de manera más reciente ha cobrado importancia la pérdida de MM en la población geriátrica debido su asociación con discapacidad y la pérdida de la independencia física (Woodrow, 2009).

### **Masa Muscular**

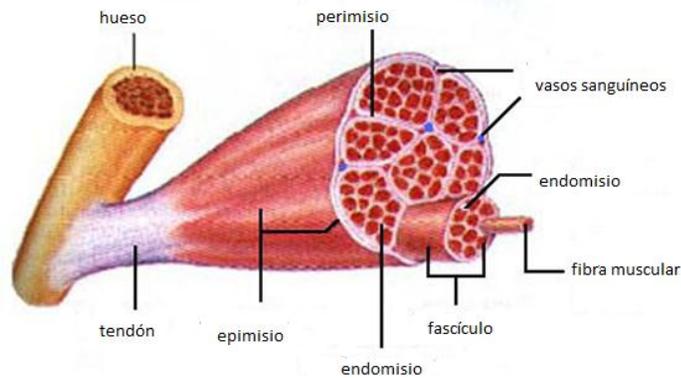
El músculo es un tejido metabólicamente activo y funcional que ocupa aproximadamente el 55% de la MCLG (Wang et al, 1992; Wells, 2006), juega además un papel central en el metabolismo proteínico ya que es la reserva principal de aminoácidos (Wolfe, 2006). El 75-80% de la MM es agua y aproximadamente la mitad del potasio corporal se encuentra en la matriz celular de las fibras musculares.

El cuerpo humano presenta 3 tipos de tejido muscular: a) esquelético (estriado voluntario), el cual se encuentra unido a la masa ósea por los tendones y comprende el 30-40% del peso corporal; b) músculo cardiaco (estriado involuntario) y c) músculo liso o visceral (involuntario). Cada tipo de músculo se encuentra formado por células de estructura diferente, adaptándose a una función específica. Todos ellos presentan una maquinaria contráctil formada por filamentos (Lukaski, 2007). El tejido que compete a esta investigación es el muscular esquelético y por ende se ahondará más en este componente.

El músculo esquelético trabaja de manera coordinada para generar fuerza, movimiento y ofrecer estabilidad a las articulaciones. Todos los músculos se encuentran cubiertos de tejido conectivo (epimisio o aponeurosis), las terminales forman un cordón grueso denominado tendón, y éste a su vez se encuentra adherido al hueso. El músculo tiene tantos capilares como fibras musculares, nervios sensitivos y motores, así como vasos sanguíneos que proveen su

nutrición. Las células musculares se encuentran agrupadas en fascículos, que también se rodean de tejido conectivo (perimisio) y cada fascículo a su vez se encuentra compuesto de numerosas fibras musculares, estas fibras se rodean del endomisio y contienen miofibrillas llamadas miofilamentos. Las miofibrillas están suspendidas en el sarcoplasma que tiene iones, enzimas y mitocondrias (Lopategui, 2003).

Figura 1. Estructura del músculo esquelético



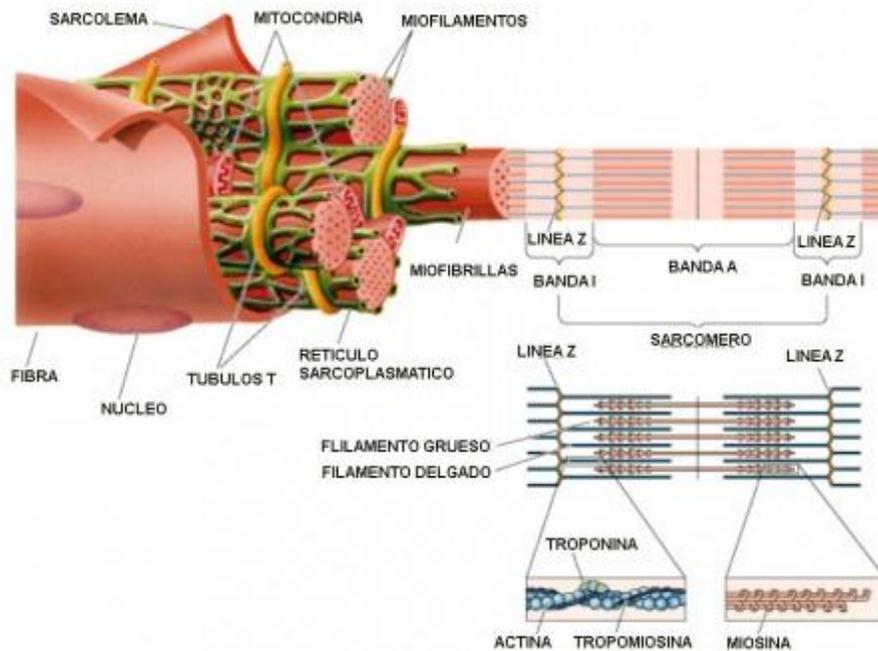
Fuente: Human Physiology: muscle

Las miofibrillas contienen filamentos de proteínas que se caracterizan por ser gruesos y delgados los cuales forman una banda clara y otra oscura a todo lo largo de la miofibrilla. Cada sección que se repite se denomina sarcómero y es el componente funcional contráctil del músculo esquelético. Las miofibrillas corren paralelas al eje longitudinal de la célula y los miofilamentos son finos y gruesos, formando bandas claras bisectadas (banda I) compuestas por filamentos de actina y el centro de esta banda está ocupado por la línea Z. Las bandas oscuras (banda A) están formadas por filamentos de miosina, organizándose en forma de sarcómeros, al centro de las bandas A hay una zona más clara denominada banda H, en cuyo centro está la línea M. En el citoplasma que rodea a las miofibrillas hay mitocondrias y cisternas del retículo sarcoplásmico, a las cuales se asocian los túbulos T (Figura 2) (Glass, 2007).

La membrana de la fibra muscular se llama sarcolema y recibe una terminación del axón de una neurona motora para formar una estructura llamada placa motora, la cual tiene un potencial de membrana, los impulsos viajan por ésta y redundan en una contracción.

Figura 2. Fibra muscular

### ORGANIZACIÓN DE LA FIBRA MUSCULAR



Fuente: [www.google.com.mx/imgres](http://www.google.com.mx/imgres)

La propiedad funcional del músculo depende en mucho de su arquitectura, cada uno de los músculos del cuerpo contiene células contráctiles llamadas miocitos o fibras musculares, son de varios tipos y con diferente estructura y función. Las fibras musculares individuales se contraen a diferente velocidad en relación al desarrollo de tensión y según la susceptibilidad a la fatiga. Las fibras se clasifican en tipo I, IIA y IIB. Las de tipo I o rojas, trabajan a menor velocidad de contracción y con menor fuerza, son responsables de actividades de larga duración ya que resisten la fatiga y son características de los músculos posturales.

Son fibras ricas en enzimas oxidativas y bajas en enzimas glucolíticas y actividad ATPasa; presentan mayor densidad mitocondrial y capilar, así como mayor contenido de mioglobina. Las fibras tipo II o blancas, presentan un diámetro mayor, poseen menos mioglobina y menos mitocondrias, son responsables de contracciones rápidas y de una mayor fuerza que se requiere en movimientos de potencia o explosivos. Estas fibras se subdividen en IIa y IIb. Las fibras IIa obtienen la energía tanto de la vía aerobia como anaerobia mediante enzimas glucolíticas y oxidativas y tienen una habilidad intermedia para mantener la tensión durante un cierto periodo de tiempo. Las fibras IIx (antes IIb) son fibras que generan gran fuerza y se fatigan rápidamente pues la cantidad de energía producida es baja dada su escasa reserva, prácticamente funcionan a partir de la vía anaerobia (Hepple, 2003). La mayor parte de los músculos se encuentran compuestos por los dos tipos de fibras.

Tabla 1. Tipos de fibras musculares y características distintivas

Tipo de fibra	Velocidad de contracción	Fuerza/ Producción de tensión	Velocidad de fatiga	Contenido de mitocondrias	Suministro de sangre	Diámetro de la fibra	Metabolismo/ producción de ATP
I	lentas	Baja	Lenta	Alto	Abundante	Pequeño	Oxidativo, actividad aeróbica.
II A	rápidas	Moderada	Lenta	Moderado	Menos abundante	Grande	Glicolítico/ Oxidativo. Actividad tanto aeróbica como anaeróbica
II B	rápidas	Alta	Rápida	Escaso	Escaso	Grande	Glicolítico.; Actividad anaeróbica

Modificado de Fernández, 1998

La distribución de las fibras depende de la genética y función muscular, el porcentaje de cada tipo de fibras que contenga el músculo contribuye a su función y al grado de fatiga que presente. Si el músculo es rico en unidades rápidas que resisten la tensión, será un músculo fuerte y con potencia; en tanto que un músculo con unidades lentas resistentes a la fatiga, se podrá contraer por períodos largos.

El número de fibras musculares que se tiene en la vida adulta se determina en la etapa prenatal, en el proceso llamado miogénesis. Células germinales del mesodermo se diferencian a mioblastos y proliferan vía hiperplasia. Los mioblastos forman los miotúbulos que posteriormente se diferencian en fibras musculares, este proceso termina antes del nacimiento, por lo que el crecimiento muscular posterior, se debe al incremento en el tamaño muscular (hipertrofia) de las fibras musculares. Bajo esta perspectiva se espera que una célula perdida no se renueve; sin embargo, se reconoce que el músculo contiene células mitóticamente competentes (células satélites) que son importantes para la regeneración muscular. No se sabe a qué grado se regeneran las células con la edad, sin embargo, se sabe que la velocidad de pérdida es mayor que la de regeneración.

### **Efecto de la edad y la pérdida de fibras musculares**

En la quinta década de la vida, hay una reducción progresiva en el número de fibras musculares (hipoplasia). Las fibras tipo II se pierden de manera preferencial con la edad, de manera que proporcionalmente en un músculo se incrementan las fibras tipo I. A esto se le ha llamado la hipótesis de la disfunción mitocondrial, pero aún se requieren más estudios para determinar si es la única causa o hay otras razones para la pérdida de fibras tanto de tipo I como II debido a la edad.

## **Efecto de la edad sobre la masa muscular**

En los jóvenes, la MM representa de un 45 a un 50% del peso corporal total, en tanto que en adultos la MM corresponde en varones a un 40% y en mujeres a un 30% del peso corporal. Estudios realizados por Janssen et al (2000b) reportaron que en el caso de los hombres, el 38% y en el caso de mujeres el 31% del peso corporal corresponde a MM. Más de la mitad de la masa muscular total (55-75%) se encuentra en las extremidades (cuádriceps principalmente) (Proctor et al, 1999; Shih et al, 2000; Kyle et al, 2001b; Kim et al, 2002), con menor proporción en cabeza, tronco y brazos (Lukaski, 2007).

La MM alcanza un pico máximo (alrededor de los 45 años) y empieza a disminuir de manera natural (0.4 kg y 0.8 kg por década en mujeres y hombres respectivamente) (Gallagher et al, 1997), con mayor pérdida después de los 60 años de edad (Kyle et al, 2001a,b), es así que la edad tiene un impacto muy importante sobre este componente (Janssen et al, 2004). Estudios transversales refieren que dicha pérdida se inicia al final de la quinta década de la vida con una consecuente pérdida de fuerza (Narici et al, 2003). Kyle et al, (2001a), encontraron que la MM permanece relativamente estable hasta los 60 años de edad y después de los 60 años tiene una pérdida acelerada. Sin embargo, Janssen et al (2000a), refirieron una pérdida relativa de MM desde el inicio de la tercera década de la vida y una pérdida absoluta hasta el final de la quinta década. La pérdida de MM es mayor en los músculos de las extremidades inferiores que en los de extremidades superiores, con una pérdida de 33% en el cuádriceps de sujetos mayores (70-81 años) (Narici et al, 2003).

La disminución en la MM se presenta en ambos sexos, con mayor pérdida en varones que en mujeres (14.8% vs 10.8% respectivamente). Gallagher et al (2000), encontraron que los AM varones presentaron una pérdida de MM más acelerada en relación a la pérdida de masa ósea, en tanto que en la mujeres la velocidad de pérdida fue similar para ambos componentes. Kyle et al (2001b), compararon la MM en extremidades de sujetos de 60-69 años, con la de sujetos

de 70 y más y reportaron en varones una pérdida de 0.5 a 2.2 kg y de 0.3 a 1 kg en mujeres, respectivamente. Esta misma investigación reportó mayor pérdida de MM en extremidades inferiores que en superiores, después de controlar por la masa corporal total.

### Causas o contribuyentes de la pérdida de la masa muscular

La pérdida de la MM es multifactorial, se reconoce que la disminución en la producción de hormonas anabólicas (hormona de crecimiento, factor de crecimiento similar a la insulina, y testosterona) (Chow, 2005), la producción elevada de citosinas y resistencia a la insulina (Alemán et al, 2011), el incremento en el estrés oxidativo y la degeneración de neuronas motoras (Doherty, 2003; Borst, 2004) intervienen en ello. Los factores anteriores contribuyen de manera diversa y por diferentes mecanismos a la pérdida de la MM. La pérdida de MM también se ha atribuido a la anorexia que se presenta con la edad, así como a una ingestión insuficiente de proteína (Wolfe, 2006). Otro factor que contribuye a esta pérdida es la inactividad física ya que se ha encontrado una mayor discapacidad en el AM que es menos activo (Evans, 2002). Es también importante mencionar que conforme se envejece hay mayor atrofia muscular, la cual se caracteriza por pérdida en las miofibrillas, pérdida de potasio y aumento de líquido extracelular, pérdida de tejido conectivo y grasa, con el remplazo de la masa celular por colágeno (Kyle, 2001b).

### Implicaciones Clínicas de la Pérdida de la Masa Muscular o Sarcopenia

Todo lo anteriormente expuesto no tendría sentido si no se asociara a la problemática que genera la pérdida de MM, en ello radica la importancia de obtener indicadores sencillos que permitan su estimación.

La MM juega un papel muy importante en la recuperación de enfermedades o agresiones, ya que permite mantener las concentraciones de aminoácidos en

condiciones de ayuno o de una mayor demanda metabólica y se ha encontrado asociación entre la pérdida de MM y la mortalidad (Wolfe, 2006). La MM interviene en la captación de glucosa, por lo que se considera que puede ser un factor que favorezca el desarrollo de diabetes; también hay correlación entre ésta y el contenido mineral, la densidad mineral ósea y por ende la prevalencia de osteoporosis (Wolfe, 2006).

Se ha encontrado que conforme se reduce la MM con la edad, los sujetos mayores ven comprometidas sus actividades básicas de la vida diaria o instrumentales. Por ejemplo se les dificulta caminar, subir escaleras o el realizar actividad física. Los ancianos que pierden movilidad presentan mayor riesgo de sufrir caídas, dependencia, institucionalizaciones y mortalidad (Evans, 1993).

El término sarcopenia, acuñado por Rosenberg (1989), viene del griego “sarco-músculo y penia-falta o pérdida de” y hace referencia a la pérdida de masa y potencia muscular que se presenta en el envejecimiento (Serra, 2006). Conforme aumenta la edad, incrementa la prevalencia de sarcopenia, de manera que el riesgo de discapacidad es mayor a mayor edad. La sarcopenia se ha utilizado para describir tanto el proceso relacionado con la pérdida de MM debido a la edad, como a la condición clínica de contar con un nivel muy bajo de MM (Newman, 2003).

En 1998, Baumgartner et al publicaron uno de los estudios clásicos en relación a la asociación entre sarcopenia y la pérdida de funcionalidad y caídas en 883 AM latinos y no latinos, residentes en Nuevo México. En el estudio mencionado definieron sarcopenia como la MM en extremidades, debajo de 2 desviaciones estándar del valor promedio de MM de una población sana y joven. Con este criterio encontraron aumento en la prevalencia de sarcopenia, conforme se incrementaba la edad, siendo superior al 40% en sujetos mayores de 80 años en ambos sexos.

Un estudio epidemiológico publicado en el 2004 por Janssen et al, tuvo como objetivo encontrar los criterios de corte para identificar problemas funcionales en

adultos mayores. Participaron casi 4500 sujetos que habían formado parte del estudio NHANES de 1988 a 1994. En este estudio se evaluó la funcionalidad a través de un cuestionario y la masa muscular total con BIE. Obtuvieron riesgos relativos para desarrollar problemas funcionales a partir de valores de corte de índice de masa muscular (IMM) ( $\text{masa muscular total}/\text{talla}^2$ ). En las mujeres se encontró mayor disfuncionalidad a menor IMM, aunque llamó la atención que en los extremos elevados de este índice, se incrementó también la prevalencia de disfuncionalidad, pero no en los hombres. Se atribuyeron estos valores extremos a mujeres que presentaron obesidad y mayor cantidad de masa grasa.

Un estudio reciente publicado por Chien et al (2010), tuvo como objetivo probar en sujetos con sarcopenia, sarcopenia incipiente y masa muscular normal, la hipótesis de que la sarcopenia se asocia a inhabilidad física, debido a la falta de fuerza muscular o a una inadecuada función cardiopulmonar. Participaron 275 AM sin problema tiroideo, sin uso de terapia hormonal (hormona de crecimiento, testosterona o progesterona), sin amputaciones y sin uso de bastón para deambular. Se encontró asociación entre la presencia de sarcopenia e inhabilidad física en los hombres, así como una menor función cardiopulmonar en los sujetos sarcopénicos. Los resultados reportaron un OR de 3.03 (95% de confianza y un intervalo de confianza de 1.21-7.61) de presentar inhabilidad física al tener sarcopenia (mediada muy probablemente por su condición cardiopulmonar), versus los que no presentaron sarcopenia.

Es importante mencionar que en la actualidad no se cuenta con un criterio universal para diagnosticar sarcopenia. Sin embargo, tanto los viejos como nuevos criterios consideran la medición de la MM para el diagnóstico (Cruz-Jentoft et al, 2010). Por ello es que se abordarán diferentes métodos para medir la MM.

## Métodos para medir la masa muscular

Recientemente se ha incrementado el interés por evaluar la MM en el AM. Los resultados de las investigaciones relacionadas con las causas y el impacto de esta pérdida conforme aumenta la edad, han renovado el interés en cuantificar este componente (Proctor et al, 1999). Los factores a tomar en cuenta en la elección de un método para la estimación de la MM, son: costos de operación, mantenimiento del equipo, precisión, validez y el que se puedan interpretar los resultados (Ellis, 2001); por lo tanto, los objetivos del estudio, la calidad de la información a obtener y los costos, definirán el método a elegir.

Las técnicas de imagen permiten evaluar tejido graso, muscular, su cantidad y distribución, así como los cambios que se presentan a lo largo del tiempo (Gallagher y Song, 2003; McCargar, 2007). La RM y la TAC se consideran metodologías muy precisas que visualizan y estiman de manera directa la masa muscular total (Wells, 2006; Lee y Gallagher, 2008) y por ende proveen la mejor estimación de este componente *in vivo*. Estos métodos se basan en la respuesta diferente de los tejidos según su composición química al interactuar el tejido con la energía electromagnética. En la TAC se coloca al paciente entre una fuente de rayos X y detectores que se alinean en polos opuestos. Los rayos X pasan a través de los tejidos y la intensidad del rayo se atenúa conforme a la diferencia de densidad de los tejidos. Las imágenes son de alto contraste y se puede diferenciar el tejido graso, particularmente el visceral y la MM (McCargar, 2007).

La RM se basa en que los núcleos atómicos del hidrógeno se comportan como magnetos y al aplicar un campo magnético externo los protones tienden a alinearse en el campo. Cuando se emite un pulso de radiofrecuencia al tejido corporal, algunos núcleos absorben energía del campo magnético, al apagar la onda de radio, los protones activados liberan la energía en forma de una señal que se utiliza para crear una imagen de la composición del tejido (Lukaski, 2007). Sin embargo, el costo elevado de la RM y la exposición a radiación de la TAC limitan

su uso de manera rutinaria en investigación y en la práctica clínica (Wang et al, 1999; Kim et al, 2002; Modlesky et al, 2004; Chen et al, 2007; Chien et al, 2008).

El conteo de potasio corporal total es otro método para estimar MM, pero debido a la infraestructura requerida, difícilmente se podrá contar con esta técnica en México. Este método, así como la TAC y la RM han servido para validar el uso de técnicas más accesibles como es el DEXA para la estimación de MME o masa apendicular (sumatoria de masa muscular libre de hueso de ambos brazos y piernas), esta última, como una adecuada aproximación en la estimación de la masa muscular total (Alemán, 2009).

## Absorciometría dual de rayos X

La medición de la MME con el uso del DEXA ha sido documentada y validada desde hace más de 10 años (Gallagher et al, 1997). Su utilidad en la estimación de tejido muscular por regiones, ha permitido que se utilice como alternativa a la RM y a la TAC (Proctor et al, 1999; Wang et al, 1999). Hansen et al (1999), en una muestra de 75 adultos de 51-84 años de edad encontraron una correlación de 0.95 en la medición de MME por DEXA con respecto a la medición de potasio y nitrógeno corporal.

El método del DEXA se basa en el principio de atenuación. La fuente del DEXA emite dos rayos X de diferentes niveles de energía, estos rayos al paso por el cuerpo son atenuados, por las diferentes moléculas del organismo (Lukaski, 2007; McCargar, 2007). De manera general, el método considera que el cuerpo humano tiene dos componentes que se pueden diferenciar por las propiedades de atenuación de 2 rayos X: tejido muscular y masa mineral ósea. Del tejido muscular se puede analizar particularmente la MME (componente libre de masa ósea, el cual incluye músculo, piel, tendones y tejido conectivo) (Kim et al, 2002).

Como se mencionó anteriormente, el principio para determinar la CC se basa en los diferentes cocientes de atenuación que presentan hueso y tejido blando a dos niveles de rayos X emitidos. Conforme los rayos pasan a lo largo del cuerpo, se atenúan debido a la absorción y dispersión de los fotones. Los datos en crudo con sus constantes de atenuación para tejido y hueso se captan y transfieren a una computadora. Un algoritmo interpreta cada pixel y crea una imagen cuantitativa de la medición de los tejidos corporales. El DEXA utiliza una fuente de rayos X de abanico que se acopla a múltiples detectores, tiene la ventaja de ser veloz ya que en 3-4 min se realiza el estudio de CC. El tejido magro en las extremidades estimado por DEXA asume que todo tejido sin grasa y sin hueso es tejido muscular, lo cual es aparentemente válido en brazos y piernas y en regiones de articulaciones en las que es poco el contenido de tendones y cartílago, cabe aclarar que la piel se incluye en el estimado por DEXA, más no en la TAC, lo cual

puede dar un error de sobreestimación. Sin embargo, el DEXA ya ha sido validado contra la TAC para el estudio de la MME (Visser et al, 1999).

Visser et al (1999), validaron en un grupo de 60 mujeres y hombres sanos de 70-79 años, el uso del DEXA en abanico (Hologic 4500A) contra la TAC de múltiples cortes. Estimaron la masa muscular total en piernas y obtuvieron una alta correlación ( $R^2 = 0.96$ ), con un error de  $0.9\text{kg} \pm 0.7$ . Levine et al, en el 2000 compararon la MCLG del cuádriceps estimada por DEXA, con el área muscular obtenida por la TAC de cortes múltiples como estándar de oro y obtuvieron una correlación elevada  $R^2=0.96$ . Sin embargo, refieren que es la TAC de cortes múltiples con la que se logran estos resultados y no con la de un único corte y que el DEXA no permite identificar cambios en el volumen muscular en comparación con el uso de TAC cuando se realizan estudios longitudinales. Las investigaciones anteriores, respaldan la utilidad del DEXA en la estimación de MME y por ende la factibilidad de su uso como patrón de referencia en esta investigación. Finalmente es importante mencionar que el DEXA no es un equipo de campo y su uso se ve limitado a muestras pequeñas o para propósitos de investigación.

Dada la importancia de evaluar la MM, se ha buscado el uso de alternativas prácticas y de bajo costo como es la antropometría y la BIE.

## Antropometría

La antropometría (del griego: antropo = hombre y metría = medida), es la ciencia que estudia las medidas del cuerpo humano con diferentes fines. Estas medidas son muy útiles para la evaluación del estado nutricional de un sujeto ya que son prácticas, sencillas y fáciles de realizar. Con ellas se pueden obtener cambios en las dimensiones corporales a un bajo costo. La medición se complica cuando los sujetos presentan deformidades esqueléticas importantes, en sujetos enfermos, encamados, en silla de ruedas o en los extremos de CC como es la obesidad o la inanición. Las medidas más frecuentemente utilizadas para estimar la CC son la estatura, el peso, el índice de masa corporal y los pliegues adiposos.

La antropometría se utiliza desde hace muchos años para predecir reserva grasa o masa muscular (Gurney y Jelliffe, 1973). Es en la década de los ochenta cuando afloraron numerosas fórmulas para realizar estas estimaciones. El uso de la antropometría se volvió indispensable en los estudios de campo y hasta la fecha se siguen desarrollando tablas y ecuaciones como referencia o estimaciones de diferentes segmentos corporales. Con el estudio de cadáveres y el uso de la RM, se han propuesto ecuaciones para estimar la masa muscular total. Lee et al, en el 2000, desarrollaron y validaron por RM dos modelos de predicción para estimar MM total. Incluyeron a 244 sujetos adultos sanos (38-40 años) con representatividad racial y con obesidad en el 33% de ellos. Los dividió en dos grupos, (uno para el desarrollo y otro para la validación de la ecuación). Tomaron indicadores como peso, estatura, pliegues de tríceps, cuádriceps y pantorrilla; circunferencias de brazo, de cuádriceps y de pantorrilla y desarrollaron ecuaciones de regresión con alta correlación ( $R^2=0.91$ ). Sin embargo, también se le considera una ecuación específica para este determinado grupo poblacional.

En relación a la MME, Baumgartner et al, (1998) desarrollaron una ecuación antropométrica para estimar la masa muscular a partir de una sub muestra de 149 AM latinos y no latinos (provenientes de una muestra total de 883), misma que validaron en 50 sujetos. Dicha ecuación incluyó como indicadores, sexo, peso,

estatura, circunferencia de cadera, y fuerza muscular (evaluada por dinamometría). La ecuación presentó un error de  $\pm 1.5$  kg y una  $R^2 = 0.91$ , sin embargo el autor no recomienda que se utilice en otra población sin antes ser debidamente validada.

Como se ha revisado, son pocas las ecuaciones basadas en indicadores antropométricos para estimar la MM y particularmente la de las extremidades. De hecho, no existen a nuestro conocimiento ecuaciones para estimar la MME basadas únicamente en antropometría. Considerando que en nuestro país muchas instituciones tienen la infraestructura para realizar antropometría, sería conveniente generar ecuaciones muy prácticas para estimar la MM en la población creciente de la tercera edad.

#### Bioimpedancia Eléctrica

El uso de la BIE para el estudio de la CC en el humano ha crecido rápidamente en las últimas décadas. Es un método no invasivo, de bajo costo, rápido de realizar, maneja equipo portátil, y es altamente reproducible por lo que se utiliza tanto en clínica como en investigación, amén de ser ideal para utilizar en el AM ya que exige poca demanda física por parte del sujeto.

La impedancia ( $Z$ ) es la propiedad que tiene un componente para impedir el paso de una corriente alterna a través de un circuito o un sistema biológico. Comprende dos vectores o parámetros bioeléctricos: resistencia ( $R$ ) y reactancia ( $X_c$ ), de acuerdo a la ecuación (Chumlea y Sun, 2007):

$$Z^2 = R^2 + X_c^2$$

La resistencia es la oposición que ofrece el cuerpo al flujo de una corriente alterna y está en función de la geometría corporal y su contenido de electrolitos (Chumlea y Baumgartner, 1989; Espinosa et al, 2007), de manera que se encuentra inversamente relacionada al contenido de agua y de electrolitos de los

tejidos. Puesto que la MCLG es un tejido rico en electrolitos con baja resistencia, se tiene que a mayor MCLG, menor será el valor de la resistencia. La reactancia ( $X_c$ ) se relaciona con las propiedades de conductividad o capacitancia de la membrana celular, por lo que las variaciones que se presenten dependerán de la integridad de ésta, de su función y de su composición (Baumgartner et al, 1998; Barbosa y Barros, 2005). En el tejido adiposo la corriente puede atravesar las soluciones eléctricas del intersticio y los adipositos, con exclusión de las gotas lipídicas hidrofóbicas que no conducen corriente. Los valores de resistencia para MCLG son bajos y para tejido adiposo y óseo son altos (Pietrobelli et al, 1998).

Las relaciones geométricas corporales son utilizadas para entender la aplicación de la BIE en la CC. La resistencia es proporcional a la longitud de un conductor e inversamente proporcional a su área transversal. Es decir un conductor largo tendría mayor resistencia que un corto; en tanto si el conductor tiene un área transversal pequeña, tendrá mayor resistencia que si el área transversal es grande (Chumlea y Sun, 2007). Aunque el cuerpo no es un cilindro uniforme y su conductividad no es constante, se establece una relación entre la impedancia y la talla, y a partir de esta relación de talla e impedancia y de la resistencia específica, se obtiene el volumen. Puesto que el agua es la que contiene electrolitos y conduce la corriente, se puede calcular el agua corporal total. Suponiendo que la hidratación de la masa corporal libre de grasa es de 73%, es que a partir de las mediciones de agua corporal total (ACT) se obtiene la MCLG (MCLG) (Kyle et al, 2004a), donde:

$$\text{MCLG} = \text{ACT}/.73$$

Las ecuaciones desarrolladas en los inicios, únicamente incluían la  $\text{talla}^2/\text{resistencia}$  como un predictor potencial del ACT y de MCLG. Sin embargo, la inclusión de otras variables como la edad, grupo étnico, sexo, condición clínica, entre otras mejoran los valores de predicción de las ecuaciones en términos de  $R^2$  y  $EEE$  (Kyle et al, 2004a).

Las investigaciones se han centrado en desarrollar ecuaciones para estimar agua corporal total, MCLG y masa grasa con el uso de la BIE. En la actualidad la BIE se ha utilizado muy poco para estimar la MM. Puesto que el tejido muscular es uno de los componentes más grandes del cuerpo y es un tejido rico en electrolitos con una baja resistencia, el músculo es un potente conductor de la corriente eléctrica (Kyle et al, 2004b; Chumlea, 2007). Janssen et al (2000a) desarrollaron una ecuación para estimar MM total en población caucásica, misma que validaron con RM. Dicha ecuación fue aplicable en hispanos y afroamericanos con una  $R^2 = 0.86$  y un error aproximado de 2.7kg, sin embargo no logró predecir la MM total en la cohorte asiática, por lo que se concluyó y recomendó que no se utilice en cualquier grupo poblacional.

Para la estimación de la MME por BIE, existen ecuaciones desarrolladas con población caucásica, entre ellas se encuentra la de Núñez et al (1999), quienes predijeron la MME inferiores, utilizando el DEXA como variable dependiente. Kyle et al (2003), desarrollaron en 444 sujetos sanos (22-94 años) y enfermos (18-70 años, con trasplante hepático, pulmonar y de corazón) una ecuación para estimar MME (tanto superiores como inferiores), que también validaron con el DEXA. En este estudio se concluyó que la ecuación puede utilizarse en ambos grupos; sin embargo, el grupo de sujetos enfermos presentó mayor error.

La ecuación obtenida fue la siguiente: ( $R^2=0.953$ ,  $EEE=1.12$  kg)

$$\text{MME} = -4.211 + (0.267 \times t^2/\text{resistencia}) + (0.095 \times \text{peso}) + (1.909 \times \text{sexo}) + (-0.012 \times \text{edad}) + (0.058 \times \text{reactancia})$$

Dónde: sexo hombres = 1 mujeres = 0

Se contempla que un error de estimación de 2-2.5 kg en hombres y 1.4-1.8 kg en mujeres es adecuado (Kyle et al, 2004a).

En el 2008, Augustemak de Lima et al, desarrollaron una ecuación para estimación de MME en 60 hombres de 60-81 años y utilizaron el DEXA como variable dependiente. La ecuación fue la siguiente: ( $R^2=0.86$ ,  $EEE= 1.49$  kg)

$$MME = 10.161 + T^2/R*0.252 + 0.113*peso - 0.0894199*edad$$

Es importante recalcar que las ecuaciones generadas en otras poblaciones y mencionadas anteriormente son precisas (ya que los valores de  $R^2$  son altos y los  $EEE$  bajos) y exactas ante la poblaciones en que se validaron. Con base en los resultados de diversos estudios en los que se utiliza la BIE para estimar MCLG, se reconoce la que la BIE sobre y subestima la MCLG (Alemán-Mateo, et al., 2004). Por otro lado, se ha reportado que esta inexactitud de las ecuaciones se encuentra relacionada o se debe a las diferencias en composición corporal debidas a etnicidad, (Deurenberg, 2002a) y a diferencias en los segmentos corporales, como es el largo de piernas o brazos (Deurenberg, 2002b).

Este trabajo de investigación considera primeramente que son pocas las ecuaciones publicadas para estimar MM y que las limitaciones mencionadas anteriormente en torno a la BIE para estimar MCLG, pueden también presentarse al estimar la MM. La evidencia que apoya esta idea, es el estudio publicado por Alemán y col (2009), en el cual encontraron que adultos mayores mexicanos de ambos sexos presentaron menor MM en las extremidades comparados con el AM caucásico y afroamericano, por lo que no solamente hay diferencias entre sexo, sino también entre los grupos étnicos.

Con base en estos conocimientos, asumimos que esta inexactitud puede presentarse también al utilizar ecuaciones desarrolladas en otras poblaciones para la estimación de la MME de adulto mayor mexicano. Cabe señalar que la recomendación consistente es que cada país o grupo étnico genere sus propias ecuaciones con el objetivo de contar con mejores estimadores de la CC.

### Justificación:

La prevalencia de sarcopenia es elevada en la población geriátrica. Datos publicados en México señalan una prevalencia de alrededor de 21%, prevalencia que se encuentra dentro de los rangos reportados para poblaciones de otros países. Existen una gran cantidad de evidencias sobre el impacto negativo de la pérdida de MM o sarcopenia sobre la funcionalidad en el adulto mayor. Hoy en día no existe un consenso universal para establecer el diagnóstico de sarcopenia, sin embargo, la mayoría de las propuestas consideran como parte de los criterios la estimación de MME. Es importante mencionar que en México muchas instituciones de salud no cuentan con la infraestructura de vanguardia y de uso clínico y epidemiológico para evaluar este componente. Por ello se hace necesario y si se cuenta con infraestructura, utilizar equipos como DEXA para validar y diseñar ecuaciones en poblaciones y grupos etarios específicos.

En relación a las ecuaciones basadas en antropometría, se parte de que a la fecha a nivel internacional no existe una ecuación para estimar la MME y dada la dependencia o relación biológica de la MM con algunas variables antropométricas como la talla y el peso corporal, se asume que mediante indicadores antropométricos de fácil medición, será posible diseñar y validar una ecuación para su estimación en población de la tercera edad.

La BIE es un método confiable en términos de precisión, la ecuación desarrollada dependerá de valor de referencia que se utilice, la relación biológica de las variables independientes con la dependiente, el método y los cuidados en la selección del modelo así como del tamaño de la muestra. Es importante señalar que cuando las ecuaciones o modelos de predicción son generados y validados en poblaciones específicas, la BIE puede ser una técnica exacta. Sin embargo, se ha reportado que cuando las ecuaciones se aplican a otras poblaciones diferentes a las de su origen, la BIE pierde su exactitud, al mostrar subestimación o sobrestimación del componente corporal de interés.

Recientemente se ha vislumbrado la utilidad de la BIE para estimar MME. Sin embargo en nuestro país no se han desarrollado ni validado ecuaciones de predicción para este componente. Es así que se recomienda que si ninguna de las ecuaciones previamente publicadas es válida en términos de precisión y exactitud al aplicarse en la población de interés, deberán de diseñarse y validarse ecuaciones específicas para ese grupo poblacional.

Estimar la MME permitirá conocer la prevalencia de sarcopenia y posteriormente evaluar su impacto en la funcionalidad en grupos con características físicas y antropométricas similares a la muestra presentada en este trabajo.

### Objetivo General:

Diseñar y validar ecuaciones para estimar masa muscular en extremidades basadas en antropometría y BIE en adultos mayores queretanos con independencia física.

### Objetivos Específicos:

1.- Evaluar la masa muscular en extremidades con el método de referencia DEXA.

2.- Realizar diversas mediciones antropométricas y de BIE como posibles variables predictoras de masa muscular en extremidades.

3. Desarrollar y validar ecuaciones basadas en antropometría y BIE en población del Municipio de Querétaro, utilizando el DEXA como patrón de referencia.

4.- Validar una ecuación de BIE desarrollada en población caucásica para determinar masa muscular en extremidades, utilizando el DEXA como patrón de referencia.

5.- Estimar la prevalencia de sarcopenia a partir de la masa muscular en extremidades obtenida por DEXA, en AM con independencia física.

### Hipótesis

1.- Las ecuaciones basadas en antropometría y BIE diseñadas en este estudio para estimar masa muscular en las extremidades, serán precisas, exactas y libres de sesgo en relación a los valores obtenidos por DEXA.

2.- La masa muscular en extremidades estimada con la ecuación propuesta por Kyle, será menos precisa y exacta respecto la obtenida en esta investigación.

### III. METODO

La presente investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Naturales (Unidad Metabólica) y en la Clínica de Nutrición, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.

Diseño de Estudio:

Observacional, prospectivo, transversal por muestreo intencional.

Definición del Universo

Población mayor de 60 años, residente en Querétaro, aparentemente saludable, es decir que no presentaran enfermedades o consumieran medicamentos que alteraran el estado hídrico y la composición corporal.

Tamaño de la Muestra

Según Sun et al (2007), no es posible determinar por anticipado el tamaño de muestra necesario para derivar una ecuación de predicción exacta. Dependerá de las relaciones entre las variables de respuesta y el número de variables en la ecuación y la variable a estimar. Con incrementos de 0.02 en la  $R^2$  (de 0.85 a 0.87) y una potencia estadística de 0.96, o con incrementos de 0.01 en la  $R^2$  (de 0.9 a 0.91) y una potencia estadística de 0.9, se considera que 100 sujetos son suficientes.

Criterios de Inclusión

Hombres y mujeres de 60 años y más.

Con independencia física (A y B) evaluados por escala de Katz.

Sin deterioro cognitivo o deterioro leve según escala de Pfeiffer

Sin modificación de peso  $\pm$  2kg en los últimos 3 meses

Formato de consentimiento firmado.

#### Criterios de Exclusión

Presencia de patologías que afecten el estado de hidratación como enfermedad cardiaca congestiva, insuficiencia renal, hepática, diabetes mellitus o hipertensión arterial.

Historia personal de infarto cerebral o al miocardio, enfermedad congestiva, cáncer, artritis reumatoide.

Con prescripción de esteroides o tratamiento hormonal.

Presencia de válvulas cardiacas o marcapasos

Pérdida de alguna extremidad

Uso de prótesis

Uso de bastón o andadera para deambular

Presencia de edema o ascitis

Etapas del Estudio:

El proyecto se dividió en tres etapas:

Primera etapa.- se dio a conocer el proyecto, condiciones de participación y se realizó un listado de los posibles candidatos, a los que se les agendó la fecha para toma de muestra. Segunda etapa.- previa firma de consentimiento informado se tomaron muestras de sangre, para descartar patologías desconocidas por el mismo candidato. En esta etapa participaron un total de 278 sujetos. Tercera etapa.- estudio de composición corporal en la Facultad de Ciencias Naturales Campus Juriquilla, en esta etapa participaron 213 AM una vez descartados los sujetos con alteración de muestras sanguíneas. A continuación se detalla cada una de las etapas.

Primera etapa.- para establecer el primer contacto con los grupos de AM y dar a conocer el proyecto e invitarlos a participar, se acudió al Centro Gerontológico del DIF Estatal "Plan Vida" y al Centro de día de Atención al Adulto Mayor del DIF Municipal, "Nänxu". El DIF municipal proporcionó un listado de grupos de reunión de AM en el municipio de Querétaro. Se contactó a las encargadas de diferentes grupos, se les solicitó un espacio para dar información respecto al proyecto y los criterios de inclusión. En esta primera visita se tomaron los nombres y teléfonos (en caso de contar con éste), horario de actividades y reuniones, con el objeto de agendar hora y lugar para continuar con la segunda etapa.

En total se acudió a 13 centros de reunión, los grupos variaron en número, desde grupos pequeños de 30 personas hasta grupos de 170-200 aproximadamente. De manera consistente, entre 8 y 10% de los sujetos que acudieron a las convocatorias o que se encontraban en reunión, refirieron no padecer enfermedades y accedieron a participar. En ese momento se les entregaron formatos de consentimiento informado para llevar a casa, leer con

detenimiento y recabar las firmas en caso de estar de acuerdo. Se les anotó la fecha de toma de muestra de sangre o en su defecto se les contactó en fechas posteriores para avisar el día y las condiciones de ayuno y dieta para la toma de la misma.

Segunda etapa.- se tomaron exámenes de laboratorio: albúmina, glucosa, creatinina sérica, hormona estimulante del tiroides (TSH), gamma glutamil transpeptidasa (GGT) y creatin fosfokinasa (CPK). Sin ser criterios de exclusión y como parte de exámenes de interés para el AM y en agradecimiento a su participación, se les realizó el perfil de lípidos completo. Se pidió a los participantes que el día anterior a la toma de sangre llevaran una dieta con bajo aporte de grasa y que guardaran ayuno de 12 horas. El equipo de trabajo y un flebotomista capacitado acudió a tomar las muestras en el día, hora y lugar acordado. Se agendó la cita para la evaluación de la CC, en el entendido de que si alguno de los exámenes de sangre se encontraba alterado, no podrían continuar con la tercera etapa. Las muestras de sangre se procesaron en el Hospital General de la Secretaría de Salud, los resultados se recogieron días antes del estudio de CC con el objeto de confirmar las citas de los candidatos y entregar los resultados al momento de su estudio.

Tercera etapa.- una vez confirmada la cita, se recogió a los participantes en los días y lugares acordados, en horario por lo general de las 7:30 am, para acudir a la Unidad Metabólica o Clínica de Nutrición de la FCN e iniciar alrededor de las 8:15 am y regresarlos alrededor de las 12:00-13:00 hrs. Se les solicitó que se presentaran en ayuno de 12 horas, sin el consumo de bebidas alcohólicas 48hrs previas a las pruebas, sin tomar baños de vapor o sauna 24 horas previas al estudio.

Se proporcionó a los participantes una bata y un short (expresamente confeccionados para el estudio), con el objeto de que portaran la misma cantidad de ropa y no hubiera discrepancias en el peso, permanecieron únicamente con pantaleta o calzoncillo. Se desprendieron de todo material de joyería o metálico

que pudiera ser removible y se les solicitó vaciaran la vejiga previo a la toma de peso y estudio de BIE.

En esta etapa se aplicó Índice de Katz que mide actividades de la vida diaria (AVD) (Katz et al, 1963) (Anexo 1). Es una de las escalas más conocidas para la evaluación de actividades básicas en el AM. Su objetivo fue el de evaluar la autonomía o dependencia funcional del sujeto. Se evalúa la ejecución de 6 actividades: alimentarse, bañarse, vestirse, desplazarse en casa, ir al baño y continencia de esfínteres.

Se aplicó también el cuestionario portátil de escala mental de Pfeiffer (1975) (Anexo 2), el cual consta de 10 preguntas que evalúan orientación, memoria de evocación, concentración y cálculo matemático. Se adjudica un punto por cada respuesta errónea y se considera normal de 0 a 2 errores y de 3-4 errores un deterioro cognitivo leve.

Se obtuvieron parámetros antropométricos y de BIE como variables predictoras de las ecuaciones a desarrollar, así como el estudio de composición corporal por DEXA. Sin ser parte del estudio y en agradecimiento a la participación, se les realizó el estudio de densitometría ósea (columna y cadera) para diagnosticar osteopenia u osteoporosis.

Se ofrecieron recomendaciones en cuanto a la alimentación y particularmente a los pacientes que presentaron dislipidemia o pérdida de masa ósea.

### Antropometría

Las mediciones se llevaron a cabo siguiendo la técnica de Lohman et al (1988), con el sujeto en bipedestación o sentado, según correspondiera a la medición. Todas las mediciones fueron realizadas por un mismo investigador. Se determinó peso corporal, estatura, diámetros (medio de brazo, muslo y pantorrilla), panículos adiposos (tríceps, bíceps, muslo, pantorrilla, subescapular y suprailiaco) Estas mediciones se utilizaron como variables predictoras de masa muscular (Anexo 3, técnicas de medición).

## Bioimpedancia

La mayoría de las ecuaciones publicadas para estimar la MCLG y la MM, incluyen las variables de resistencia y reactancia. Para obtener dichas variables, se utilizó un equipo de bioimpedancia tetrapolar mano, pie (Bioelectrical Body Composition Analyzer, Quantum X RJL Systems), mismo que se calibró en cada ocasión con una resistencia de 500  $\Omega$  (Anexo 4 técnica de medición).

## DEXA

Este estudio consideró al DEXA como el estándar de oro para la estimación de la MM en extremidades. El sujeto se sometió a radiaciones de muy baja intensidad, similares a las que se expone en un día habitual. Se utilizó un densitómetro (Hologic Explorer, QDR-4500W®, Hologic Inc, Waltham, MA) que emite radiaciones pulsadas de dos energías 100 y 140 kilovoltios (kV(p)), 2.5-5.0mA y mide la atenuación para cada píxel de la superficie corporal en un arreglo lineal de 216 detectores en haz de abanico, con una radiación individual de 2.6 $\mu$ Sv (Hologic, 2005). (Anexo 5, explicación de medición de MM en extremidades).

## Revisión y aprobación por el Comité de Bioética

El estudio fue aprobado por el Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Naturales y por el Comité de Investigación de la Secretaría de Salud del Estado de Querétaro.

El proyecto contó con apoyo del laboratorio del Hospital General de la Secretaría de Salud para el procesamiento de las muestras de sangre. Los demás gastos fueron absorbidos por la responsable del proyecto.

## Análisis Estadístico:

Se realizó estadística descriptiva (medias y DE) en la población total. Las diferencias por sexo se probaron mediante un prueba de t para dos muestras independientes y esta misma prueba se utilizó para evaluar diferencias entre las diversas variables de las muestras aleatorizadas para el desarrollo y la validación de ecuaciones. A continuación se presentan a detalle los procedimientos y análisis estadísticos utilizados para el desarrollo de las ecuaciones y su validación.

## Desarrollo y validación cruzada de la ecuación:

Primer paso: La muestra total se dividió de manera aleatoria en dos grupos y fue estratificada por sexo.

Segundo: Se aleatorizó la asignación del grupo de desarrollo y el de validación de las ecuaciones. Para comprobar que la aleatorización fue exitosa, se utilizó una prueba t para dos muestras independientes.

Tercero: Para el desarrollo de la ecuación (grupo 0), primeramente se obtuvo una matriz de correlación para identificar las variables asociadas con la MME (relación estadística y biológica). Posteriormente se utilizó la regresión lineal de pasos hacia atrás (*step wise*) para obtener los modelos preliminares, de ellos se eligieron los de mayor coeficiente de determinación ( $R^2$ ) (es la proporción del total de la varianza de la variable dependiente que es explicada por la(s) variables predictoras en una ecuación) y el menor error estándar del estimador (EEE) (Guo et al, 1996).

Cuarto: Las variables enlistadas por el *step wise* en los modelos preliminares se sometieron a un análisis de regresión como variables predictoras de la masa muscular en las extremidades y así se obtuvieron los modelos o ecuaciones predictoras de la masa muscular en las extremidades. En esta etapa se fijó que las variables independientes contribuyeran de manera significativa ( $p < 0.05$ ) en el modelo. Cada modelo o ecuación fue evaluado para asegurar que

cumpliera con todos los supuestos de la regresión, además de probar las mediciones de la bondad del ajuste o precisión del modelo ( $R^2$  y EEE).

Diagnóstico del modelo:

Los modelos seleccionados fueron evaluados para comprobar que cumplieran con los supuestos de la regresión lineal, a saber:

Linealidad se comprobó con gráficas de regresión de cada variable predictora respecto a la variable de respuesta y con la prueba F ( $p < 0.05$ ). La homogeneidad de la varianza de la variable de respuesta sobre las variables predictoras se probó por medio de gráfica de residuales vs los valores predichos del modelo, con esta prueba se verificó que la distribución de los residuales no tuvieran un patrón o tendencia. La normalidad de la variable de respuesta se evaluó gráficamente con un histograma, y la normalidad de los residuales con gráfico de normalidad de residuales y con la prueba de Shapiro y Wilks (1965) ( $p > 0.05$ ). Se descartó colinealidad entre las variables predictoras o dependientes, tomando en cuenta el número de condicionamiento ( $< 30$ ), el factor de inflación de la varianza (FIV)  $< 10$  y el valor eigen o raíz característica ( $\approx 0$ ) (Kleimbaum et al, 1998).

Validación de la ecuación:

Una vez que el modelo cumplió con los supuestos de la regresión, éste se aplicó a la muestra de validación (validación cruzada). La precisión de la ecuación se evaluó con el coeficiente de determinación del modelo de regresión. La exactitud del modelo se evaluó con la estimación del error puro (raíz cuadrada de la suma de las diferencias al cuadrado, de los valores observados y los valores predichos, y divididos entre la n de la muestra de validación), en donde se espera que este valor sea similar al EEE obtenido en la ecuación desarrollada. También se probó la concordancia o sesgo por el método de Bland y Altman (1986), el cual es un método gráfico y analítico. Este procedimiento se considera una mejor alternativa

al coeficiente de correlación y se ha utilizado en la validación de nuevos métodos. Bland y Altman proponen que al no tener un método ideal para evaluar a la variable de interés, el promedio de la medición de ambos métodos es el mejor estimador. Con este método la concordancia se prueba gráficamente y estadísticamente. Estadísticamente se utilizó una prueba t pareada para probar que efectivamente el promedio de las diferencias de las mediciones (masa muscular por DEXA y la estimada por la ecuación) fueran iguales a cero. Adicionalmente se aplicó una regresión lineal simple entre el promedio de las diferencias (DEXA - ecuación desarrollada) contra el promedio de las dos mediciones. La hipótesis a probar fue que el sesgo (diferencias) entre las dos mediciones se distribuyera de manera aleatoria a través de todo el espectro de la masa apendicular, vigilando una asociación no estadística entre las diferencias contra el promedio ( $p > 0.05$ ), lo que se interpretó como que el sesgo no fue significativo.

Las pruebas se realizaron en el paquete estadístico NCSS versión 2000 (number cruncher statistical system for Windows, Keyville UTA) en el CIAD Hermosillo.

#### IV. RESULTADOS y DISCUSIÓN

De 270 candidatos, se eliminaron 34 mujeres y 23 hombres, el 90% por presentar exámenes de laboratorio anormales y un 10% por no presentarse el día acordado para el estudio de composición corporal. El total de sujetos con el que se trabajó fue de 213 (158 mujeres y 55 hombres). En la tabla 2 se presentan las características físicas comparadas por sexo.

Tabla 2. Indicadores comparativos por sexo (promedio y desviación estándar (DE))

Tabla 2 Características Físicas de los Adultos Mayores Variables Descriptivas, comparación por sexo			
Indicador	Mujeres n= 158	Hombres n =55	valor de p
Edad (años)	68.16 ± 5.52	70.47 ± 6.70	0.012
Peso corporal (kg)	62.64 ± 9.85	68.94 ± 7.92	0.000
Talla (cm)	151.48 ± 5.53	163.85 ± 6.67	0.000
IMC	27.30 ± 4.14	25.66 ± 2.44	0.006
Circunferencia de brazo (cm)	23.06 ± 2.17	25.82 ± 1.59	0.000
Circunferencia de Cintura (cm)	98.89 ± 10.56	94.59 ± 6.98	0.005
Circunferencia de Cadera (cm)	101.59 ± 9.25	95.88 ± 4.84	0.000
Circunferencia de muslo (cm)	47.42 ± 4.81	46.83 ± 4.70	0.430
Circunferencia de pantorrilla (cm)	35.18 ± 2.79	35.20 ± 2.13	0.968
Fuerza brazo derecho (kg)	17.71 ± 3.88	30.59 ± 7.72	0.000
Fuerza brazo izquierdo (kg)	16.82 ± 3.73	29.64 ± 6.74	0.000
Área muscular de brazo (cm <sup>2</sup> )	36.21 ± 8.21	43.25 ± 6.51	0.000
Masa muscular en extremidades (kg)	13.45 ± 1.92	20.06 ± 2.33	0.000
Resistencia (Ω)	595.91 ± 64.0	509.38 ± 46.19	0.000
Reactancia (Ω)	60.74 ± 8.80	55.17 ± 6.34	0.000

Los resultados de la tabla 2 muestran promedios y DE de las diferencias entre hombres y mujeres, siendo los hombres un poco mayores que las mujeres y también presentaron mayor peso y estatura en comparación con las mujeres. Sin embargo las mujeres presentaron un IMC mayor que el de los hombres, así como con una circunferencia de cintura y de cadera por encima de valores corte según la OMS, lo que refleja que su reserva de grasa a nivel abdominal es elevada. No se encontraron diferencias en las circunferencias de muslo y de pantorrilla, indicadores que con frecuencia se utilizan en conjunto con la plicometría para obtener indicadores del estado nutricional del AM. Como era de esperarse, los indicadores de muscularidad se encontraron más elevados en los hombres que en las mujeres, es así que el área muscular de brazo, y la MME evaluada con el DEXA, fueron más altos en los hombres que en las mujeres. También los hombres presentaron mayor fuerza en ambos brazos en comparación con las mujeres.

Las variables de resistencia y reactancia fueron significativamente diferentes entre los hombres y las mujeres, teniendo valores más altos éstas. Al comparar los resultados de la BIE, las mujeres presentaron valores de resistencia y reactancia significativamente más elevados que los hombres, lo que refleja que presentan una mayor proporción de masa grasa, ya que a mayor resistencia menor contenido hídrico y menor masa muscular.

Al comparar los valores anteriores con los reportados en estudios en México, en relación al estudio de Velázquez et al (1996), en el que se describe la composición corporal de 230 hombres y 278 mujeres sin enfermedades mayores y sin problemas para deambular, adscritos al entonces INSEN (Instituto Nacional de la Senectud) y jubilados y pensionados del IMSS de la Ciudad de México, se encontró lo siguiente: en relación al peso corporal, los valores de peso corporal, difieren en aproximadamente 2 kg, siendo más pesadas las mujeres de nuestro estudio y menos pesados los hombres. En relación a la estatura, la diferencia en el grupo de mujeres fue de 1.5cm (siendo mayor en nuestro grupo), en tanto que en los hombres no hay diferencias.

En relación a las demás mediciones, la tendencia general fue a encontrar valores más altos en casi todos los indicadores de nuestro grupo, en comparación a las del estudio. Cabe aclarar que hay una diferencia de casi 15 años entre un estudio y otro, y aunque en ambos casos los grupos fueron de área urbana, las investigaciones se realizaron en diferentes Estados de la República, por lo que difícilmente los resultados son comparables.

Al comparar los resultados con un estudio más reciente de Valencia et al (2003), encontramos que en prácticamente todas las variables hay diferencias para ambos sexos. En este estudio el tamaño de muestra fue menor (26 hombres y 24 mujeres) y se desarrolló en área rural del norte del país, en la que los sujetos fueron más altos y presentaron menor IMC y circunferencia de cintura que en nuestro grupo.

Si se compara el promedio del IMC de nuestro estudio con los criterios de corte de la OMS, encontramos que tanto los hombres como las mujeres se encuentran en sobrepeso. Para la circunferencia de cintura, los valores promedio en los hombres se encuentran por debajo del criterio de corte (102 cm), en tanto que las mujeres rebasan casi en 10 cm el criterio de corte de 88 cm, lo cual refleja que a pesar de que son mujeres sin problemas de hipertensión o de diabetes mellitus, presentan un riesgo elevado de desarrollar dichas enfermedades.

Para cubrir con uno de los objetivos del estudio, la muestra total se dividió de manera aleatoria y se estratificó por sexo, se obtuvieron dos grupos casi con el mismo número de hombres y mujeres. En un grupo se desarrolló la ecuación y en el otro se validó.

En la tabla 3 se muestra que la aleatorización fue exitosa ya que no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables evaluadas.

Tabla 3. Comparativo de indicadores según subgrupos (promedios y DE)

Tabla 3 Características Físicas de los Adultos Mayores Indicadores descriptivos. Comparación por subgrupos			
Indicador	Subgrupo 0 n= 107	Subgrupo 1 n =106	valor de p
Peso corporal (kg)	64.27 ± 10.08	64.23 ± 9.50	0.975
Talla (cm)	154.54 ± 7.97	154.76 ± 7.99	0.839
IMC	26.91 ± 3.85	26.84 ± 3.84	0.347
Circunferencia de brazo (cm)	29.85 ± 2.84	29.63 ± 2.92	0.575
Circunferencia de Cintura (cm)	97.58 ± 10.06	97.93 ± 9.84	0.80
Circunferencia de Cadera (cm)	100.19 ± 8.92	99.99 ± 8.51	0.86
Circunferencia de muslo (cm)	47.04 ± 4.42	47.47 ± 5.13	0.507
Circunferencia de pantorrilla (cm)	35.19 ± 2.69	35.14 ± 2.59	0.900
Fuerza brazo derecho (kg)	21.03 ± 7.77	21.01 ± 7.53	0.987
Fuerza brazo izquierdo (kg)	19.90 ± 7.48	20.34 ± 7.17	0.664
Área muscular de brazo (cm <sup>2</sup> )	37.95 ± 8.36	38.12 ± 8.45	0.882
Masa muscular en extremidades (kg)	14.93 ± 3.45	15.39 ± 3.62	0.347

(Subgrupo para el desarrollo de ecuación (0) y grupo de validación (1))

#### Desarrollo de ecuaciones de BIE:

Como se mencionó renglones arriba, se formaron dos grupos completamente homogéneos, uno con 107 sujetos (79 mujeres y 28 hombres) y el otro con 106 sujetos (79 mujeres y 27 hombres). La selección del grupo para el desarrollo de la ecuación se realizó de manera aleatoria y se designó como grupo 0 al del desarrollo de la ecuación y grupo 1 al de la muestra de la validación.

Con el objeto de identificar las variables predictoras que presentaron alta correlación con la variable dependiente, se realizó en el grupo 0, una matriz de correlación, tomando la MME (suma-apendicular) como variable dependiente vs las variables independientes (anexo 7). Se ingresaron en el modelo de pasos hacia atrás las variables con significancia estadística en la matriz de correlación, a saber: sexo, estatura, resistencia, reactancia, talla<sup>2</sup>/resistencia, peso corporal, circunferencia de cuello, circunferencia de pantorrilla y fuerza de ambos brazos. Con este método se obtuvieron 4 modelos preliminares con una  $R^2$  de 0.863 y un EEE de 1.26, mismo que fue incrementando la  $R^2$  y reduciendo el EEE con la inclusión de otras variables hasta obtener una  $R^2$  de 0.92 y un EEE de 0.99 kg. Se eligieron los mejores modelos y las variables seleccionadas se incluyeron en un modelo de regresión múltiple para corroborar su significancia estadística. A continuación se enlistan las variables y su contribución al modelo en términos de la  $R^2$  y EEE (tabla 4).

Tabla 4. Contribución y orden de entrada de las variables en los modelos de BIE

Variable predictora	$R^2$ acumulado	EEE	Valor de p
Talla <sup>2</sup> /R	0.863	1.28	0.000
Sexo	0.896	1.12	0.000
Resistencia	0.912	1.03	0.000
Circunferencia de pantorrilla	0.920	0.99	0.000

R= resistencia,  $R^2$  = coeficiente de determinación

A los modelos seleccionados se les evaluó para comprobar los supuestos de la regresión lineal. La elección del modelo se basó en el que ajustara mejor estos supuestos. Se obtuvieron 2 modelos:

Primer modelo: ( $R^2= 0.91$ ; EEE 1.03)

$$\text{MME} = -9.693 + (0.421*t^2/R) + (1.837*sexo) + 0.011*R$$

Donde: t= talla (cm); R=resistencia ( $\Omega$ ); sexo 1= hombre, 0 = mujer;.

Segundo modelo ( $R^2$  ajustada = 0.92 y EEE = 0.98 kg)

$$\text{MME} = -13.345 + 0.153* CP + 0.0114*R + 2.578*sexo + 0.370*t^2/R$$

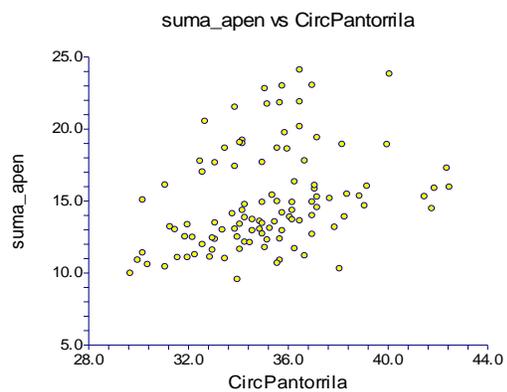
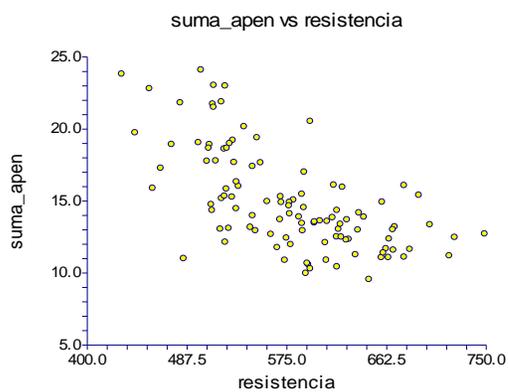
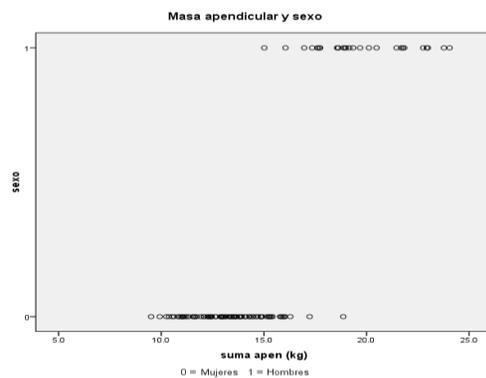
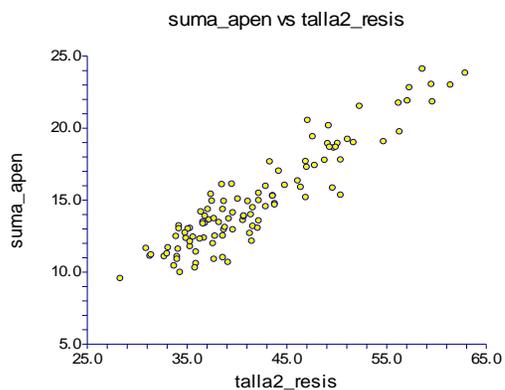
Donde: CP= circunferencia de pantorrilla (cm); R= resistencia en ( $\Omega$ ), sexo = 1 hombre, 0 mujer; t= talla en cm

Resultados del diagnóstico del primer modelo:

La **linealidad** se evaluó por regresión con la prueba F, en la que la hipótesis nula planteada es la no asociación lineal entre la variable dependiente y las variables independientes. Se obtuvo una significancia  $p<0.05$  para el modelo y para cada una de las variables independientes, por lo que se rechazó la hipótesis nula de la no asociación entre la variable dependiente y las independientes. También se comprobó la linealidad mediante gráficos de regresión de las variables predictoras seleccionadas, respecto a la variable de respuesta.

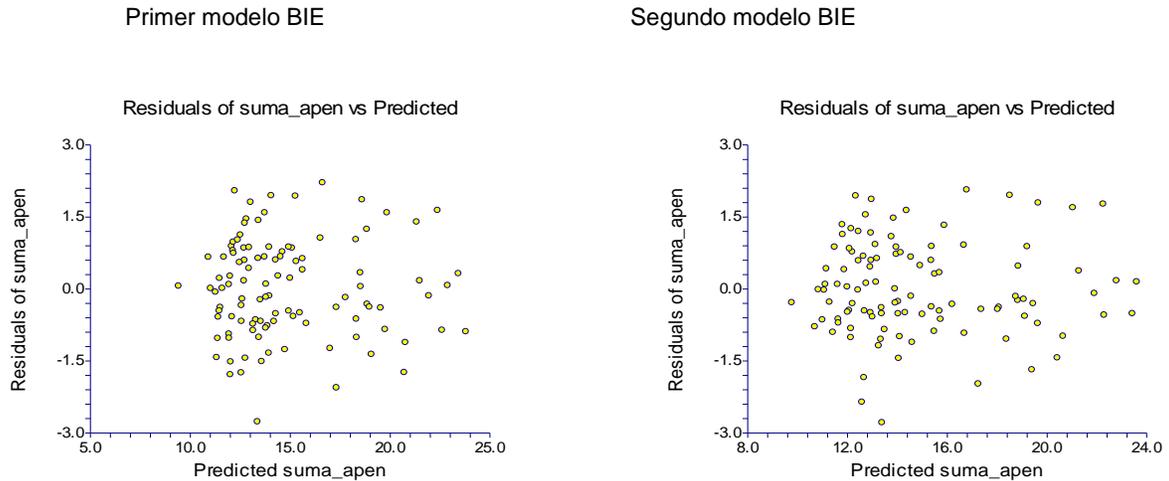
A continuación se presentan los gráficos de las variables independientes vs la dependiente:

Gráfica 1. Linealidad de las variables predictoras y la variable dependiente



La **homogeneidad de la varianza** de la MME por DEXA vs la estimada por el modelo se probó mediante gráficas de residuales

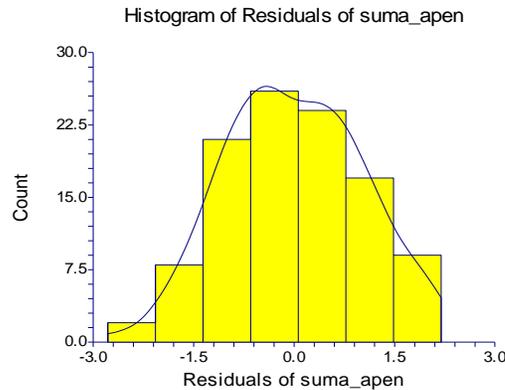
Gráfica 2. Gráficas de residuales para probar homogeneidad de la varianza



En ambos gráficos se observa que la distribución de los residuales no presentó un patrón o tendencia, por lo que se cumplió con este supuesto.

La **normalidad** de la variable predictora se evaluó con un histograma, en el cual se observó normalidad en los datos de la variable dependiente.

Gráfica 3. Histograma de residuales de la variable dependiente



Para probar la **normalidad** del modelo se utilizó el gráfico de residuales (gráfica 2), estos muestran un distribución aleatoria sin mostrar una tendencia, lo que refleja una distribución normal. Se corroboró la normalidad con la prueba de Shapiro y Wilks (1965) (tablas 5 y 6).

Tabla 5. Prueba de normalidad de las varianzas del primer modelo

Prueba de Shapiro y Wilk	Valor de la prueba	Nivel de probabilidad	¿Se rechaza la prueba de normalidad ?
	0.991	0.715	No

Al no rechazarse  $H_0$  se concluye que las varianzas son iguales y por lo tanto hay normalidad.

Tabla 6. Prueba de normalidad de las varianzas del segundo modelo

Prueba de Shapiro y Wilks	Valor de la prueba	Nivel de probabilidad	¿Se rechaza la prueba de normalidad ?
	0.98	0.196	Si

En este caso se rechazó la normalidad de las varianzas del segundo modelo, por lo que ya no se continuó con la validación de la ecuación. Es así que los resultados que a continuación se presentan se refieren al primer modelo.

La multicolinealidad se descartó tomando en cuenta el número de condicionamiento ( $<30$ ), el factor de inflación de la varianza (FIV)  $<10$  y el valor eigen ( $\approx 0$ ) (Kleimbaum,1998). El número de condicionamiento fue de 18.04, el FIV fue de 4.80, y el valor eigen fue de 0.132. Con los resultados anteriores se descartó la colinealidad entre las variables predictoras.

Validación cruzada:

Una vez que el modelo cumplió con los supuestos de la regresión, la ecuación desarrollada se aplicó en la submuestra 2 (grupo 1). Para probar el buen desempeño de la ecuación o la exactitud, primeramente se obtuvo el error puro.

Tabla 7. Comparación de EEE y el Error puro en la muestra de validación

	DEXA	BIE	EEE de la ec de BIE	Error puro (kg)
MM en extremidades (kg)	15.4 ± 3.6	15.3 ± 3.7	1.03	1.3

Como se aprecia en esta tabla 7, los valores promedio para la MME por ambos métodos fueron muy similares. El error puro fue de 1.3kg y el EEE de la ecuación por BIE fue de 1.03 kg; es así que se cumplió con el buen desempeño de la ecuación o exactitud, ya que estos valores difieren en menos de 300g. Se concluyó con base en el error puro que esta ecuación es exacta en la muestra de validación.

Tabla 8. Resultados de la exactitud del modelo por BIE y el DEXA

	DEXA	BIE	Promedio de las diferencias DEXA Y BIE (kg)	Valor de r	Valor de *p	Valor de**p
MM en extremidades (kg)	15.39 ± 3.6	15.28 ± 3.7	0.110	0.0008	0.993	0.408

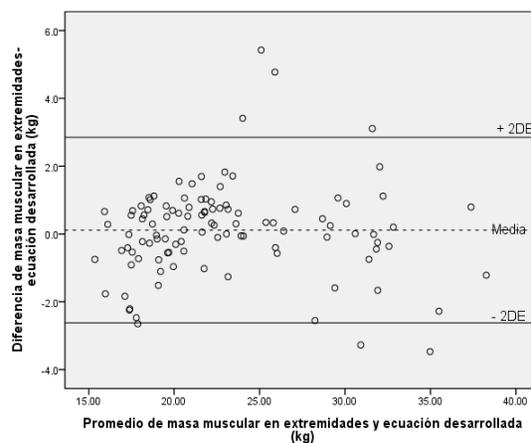
Valores de p no significativos \* regresión, \*\* t pareada

Adicionalmente en este estudio la exactitud se probó mediante el análisis de Bland y Altman. De manera visual se muestra que el promedio de las diferencias es cercano a cero y que la diferencia o sesgo se distribuyó de manera homogénea en

intervalos de concordancia de  $\pm 2DE$  (Figura 4). En esta figura se puede observar que el promedio de las diferencias se distribuye de manera aleatoria a través de todo el espectro de la MME (15-40 kg). El modelo no presentó sesgo significativo, por lo que la ecuación puede aplicarse indistintamente si no se cuenta con el DEXA.

Estadísticamente también se comprobó la buena concordancia entre los métodos con la prueba de t pareada, ya que no se encontró que el promedio de las diferencias fuera significativamente mayor a 0 (0.118g) Tabla 8.

Gráfica 4. Concordancia de la ecuación por BIE respecto al DEXA



Agregar en la figura el valor de r y p que salen de la regresión lineal simple de la media de las dif contra el promedio

La concordancia del modelo, se corroboró visualmente con el gráfico de Bland y Altman (gráfica 4), que muestra los límites de concordancia (-2.62 a 2.85) para la diferencia de las mediciones por ambos métodos, en los que se aprecia que las diferencias se distribuyen de manera aleatoria dentro de estos límites.

## Validación de una ecuación de BIE desarrollada en población caucásica

La ecuación de Kyle et al (2003) es la única ecuación publicada para estimación de MME y que podría utilizarse en adultos mayores, tanto hombres como en mujeres. Puesto que esta ecuación era la alternativa a utilizar, se quiso corroborar si hubiese sido de utilidad para este grupo de adultos mayores. Para lograr este objetivo, se siguió el mismo procedimiento que en la validación del modelo anterior.

Tabla 9. Comparación del EEE y el Error puro en la ecuación de Kyle

	DEXA	Kyle	EEE ecuación de Kyle	Error puro (kg)
MM en extremidades (kg)	15.39 ± 3.6	16.50 ± 3.47	1.21	1.73

La tabla 9 muestra una mayor diferencia (500g) entre el EEE y el error puro de la ecuación de Kyle en comparación con los resultados obtenidos con la ecuación por BIE desarrollada en esta investigación.

Adicionalmente, la exactitud se probó mediante un análisis de regresión simple entre las diferencias (DEXA – ecuación de Kyle) vs el promedio (tabla 10), en el que si bien las diferencias no fueron significativas, se observa que la ecuación de Kyle estimó valores más altos que el DEXA.

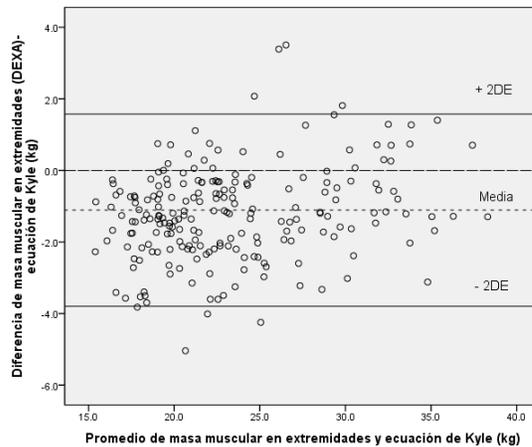
Tabla 10. Resultados de la exactitud de la ecuación de Kyle y el DEXA

	DEXA	Ecuación de Kyle	Promedio de las diferencias entre DEXA y ecuación de Kyle (kg)	Valor de r	Valor de *p	Valor de**p
MM en extremidades (kg)	15.39 ± 3.6	16.50 ± 3.47	-1.111	0.181	0.062	0.000

Valores de p significativos \* regresión, \*\* t pareada

Los resultados de la prueba de t pareada sí presentaron diferencias significativas, por lo que se considera que existen diferencias entre los valores estimados por el DEXA y los de esta ecuación, lo que refleja que tampoco es un modelo adecuado para dar tratamiento a los datos de esta investigación.

Gráfica 5. Concordancia de la ecuación de Kyle respecto al DEXA



La concordancia del modelo, se corroboró visualmente con el gráfico de Bland y Altman (gráfica 5), en los que los límites de concordancia fueron -3.79 a 1.573 y en donde se aprecia que gran parte de los valores de MME se encuentran por debajo del valor de 0, lo que podría considerarse como sesgo al haber diferencias en la estimación utilizando esta ecuación respecto al DEXA.

Los resultados muestran que la ecuación de Kyle al aplicarse en una muestra ajena a la que se desarrolló, como era de esperarse, presenta un error puro más alto que el de la ecuación desarrollada expresamente para este grupo. En la publicación de Kyle se reportó un EEE de 1.1 kg para su población sana, lo cual es ligeramente menor que en la ecuación de nuestro estudio. Cabe aclarar que hay diferencias importantes entre la población de Kyle y la de esta investigación. Por un lado, en su estudio el tamaño de muestra fue mayor (200 hombres y 40 mujeres más), con la diferencia de que las edades oscilaron entre los 22 y 94 años. Las variables en su modelo incluyeron también la  $talla^2/resistencia$  y el sexo como en nuestro modelo, pero su modelo incluyó también el peso, la edad y la reactancia. La variable de  $talla^2/resistencia$  explicó el 91% de la varianza en el

modelo, esta ecuación presentó una  $R^2$  de 0.95, más alta que la de nuestro modelo, y su EEE fue ligeramente más alto que el de nuestra ecuación.

Por otro lado, en relación a la única ecuación publicada para estimar MME de adulto mayor (Augustemak de Lima, 2008), y que fue trabajada solamente en población masculina (60 sujetos); encontramos que esta ecuación también incluyó como variable a la talla<sup>2</sup>/resistencia, misma que explicó el 86% de la varianza. La ecuación adicionalmente incluyó el peso corporal y la edad y su  $R^2$  fue de 0.86, menor que la de nuestro modelo o el de Kyle y un EEE de 1.49 Kg, mayor que el de ambas ecuaciones. Esta ecuación presenta como desventaja el que se desarrolló en 60 sujetos, siendo que se considera que cuando menos un número de 100 sujetos es lo adecuado (Sun et al, 2007).

Ante la escasez de ecuaciones publicadas, la variabilidad en la metodología, tamaños de muestra, variables incluidas en los modelos, número de sujetos, edades, sexo etc, se dificulta hacer comparativos con los resultados.

La ecuación desarrollada en esta investigación cubre con las recomendaciones que con anterioridad se habían reportado para el desarrollo de ecuaciones y que otros estudios carecían de ello (Sun et al, 2005). Tal es el caso de la validación cruzada y la estimación del error puro, ya que se considera que el coeficiente de correlación entre los valores observados y los predichos es insuficiente como prueba única de validación. Lo ideal es desarrollar la ecuación en una población y validarla en una muestra independiente pero con características similares, procurando que las técnicas de medición utilizadas hayan sido las mismas en ambas muestras (Sun et al, 2005), lo cual fue llevado a cabo en esta investigación.

Desarrollo de modelos por antropometría:

Utilizando la misma matriz de correlación (Anexo 7), se identificaron las variables antropométricas con mayor correlación con la variable dependiente. Se ingresaron en el modelo de pasos hacia atrás las variables con significancia estadística en la matriz de correlación, a saber: sexo, estatura, circunferencias: (de pantorrilla, muñeca, media de brazo, de cuello), peso corporal, área muscular de brazo y diámetro biepicondilar. Con este método se obtuvieron 4 modelos preliminares iniciando con una  $R^2$  de 0.671, misma que se fue incrementando con la inclusión de otras variables hasta obtener una  $R^2$  de 0.902 y un EEE de 1.98 que se redujo a 1.10 kg. Se eligió el mejor modelo y las variables seleccionadas se incluyeron en un modelo de regresión para corroborar su significancia estadística. A continuación se enlistan las variables y su contribución al modelo en términos de la  $R^2$  y EEE (tabla 11).

Tabla 11. Contribución y orden de entrada de las variables en el modelo de antropometría

Variable predictora	$R^2$ acumulado	EEE	Valor de p
sexo	0.671	1.98	0.000
Circ. pantorrilla	0.811	1.51	0.000
Estatura	0.874	1.24	0.000
Circ. muñeca	0.902	1.10	0.000

El modelo seleccionado se le evaluó para comprobar que cumpliera con los supuestos de la regresión.

El modelo seleccionado fue el siguiente:

$$\text{MME} = -28.835 + 0.299 \cdot \text{CP} + 0.137 \cdot t + 0.720 \cdot \text{CM} + 3.781 \cdot \text{sexo}$$

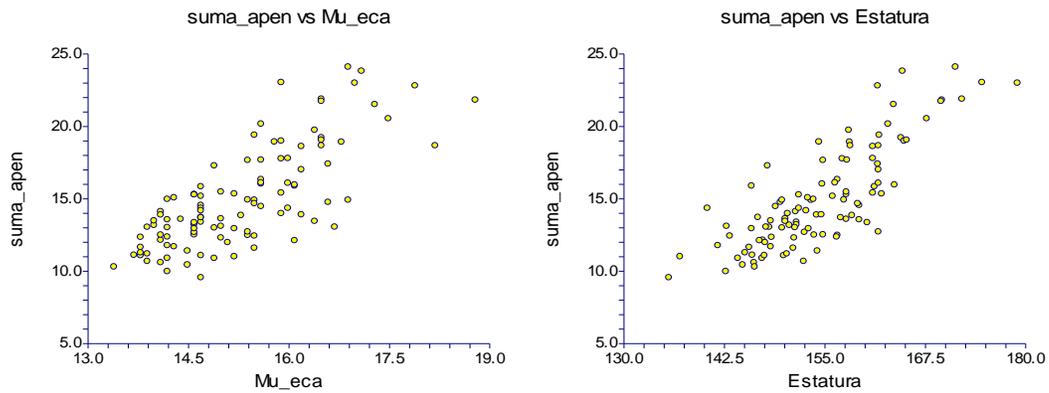
Donde: CP=circunferencia de pantorrilla; t=talla(cm); CM=circunferencia de muñeca (cm) y sexo= Hombres = 1, mujeres = 0

Resultados del diagnóstico del modelo por antropometría:

La **linealidad** se evaluó por regresión con la prueba F, en la que la hipótesis nula planteada fue la no asociación lineal entre la variable dependiente y las variables independientes. Se obtuvo una significancia  $p < 0.05$  para el modelo y para cada una de las variables independientes, por lo que se rechazó la hipótesis nula de la no asociación entre la variable dependiente y las independientes. También se comprobó la linealidad mediante gráficos de regresión de las variables predictoras seleccionadas, respecto a la variable de respuesta.

En la gráfica 6 se presentan los gráficos de las variables independientes vs la dependiente

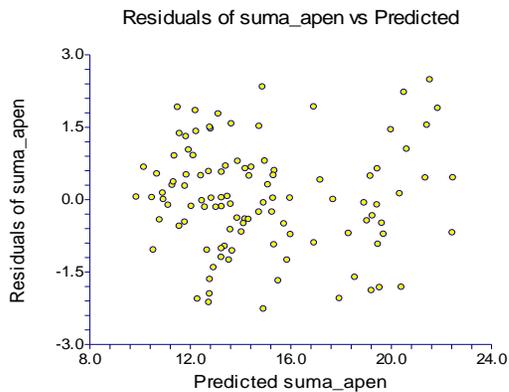
Gráfica 6. Linealidad de las variables predictoras vs la variable dependiente



La **homogeneidad de la varianza** de la variable de respuesta sobre el modelo se probó mediante una gráfica de residuales

Gráfica 7. Gráfica de residuales para probar homogeneidad de la varianza

Residuales del modelo por antropometría



La distribución de los residuales no presentó un patrón o tendencia, por lo que se cumplió con este supuesto.

Para probar la normalidad del modelo se utilizó este mismo gráfico de residuales (gráfica 7), en el que se muestra una distribución aleatoria sin mostrar una tendencia, lo que refleja una distribución normal. Se corroboró la normalidad por la prueba de Shapiro y Wilks (1965) (tabla 12).

Tabla 12. Prueba de normalidad del modelo por antropometría

Prueba de Shapiro y Wilks	Valor de la prueba	Nivel de probabilidad	¿Se rechaza la prueba de normalidad ?
	0.986	0.361	No

Al no rechazarse  $H_0$  se concluyó que las varianzas eran iguales y por lo tanto el modelo cumplió con la prueba de normalidad.

La multicolinealidad se descartó tomando en cuenta el número de condicionamiento ( $<30$ ), el factor de inflación de la varianza (FIV)  $<10$  y el valor eigen ( $\approx 0$ ) (Kleimbaum, 1998). El número de condicionamiento fue de 8.82, el FIV fue de 2.41, y el valor eigen fue de 0.2569. Con los resultados anteriores se descartó la colinealidad entre las variables predictoras.

### Validación cruzada del modelo:

Una vez que el modelo cumplió con los supuestos de la regresión, la ecuación desarrollada se aplicó en la submuestra 2 (grupo 1). Para probar el buen desempeño de la ecuación o la exactitud, primeramente se obtuvo el error puro.

Tabla 13. Comparación de EEE y el Error puro en la muestra de validación

	DEXA	Antropometría	EEE de la ecuación por antropometría	Error puro (kg)
MM en extremidades (kg)	15.39 ± 3.6	14.98 ± 3.41	1.10	1.43

Como se aprecia en la tabla 10, los valores promedio para la MME por ambos métodos, son muy similares. El error puro fue de 1.43kg y el EEE de la ecuación por BIE fue de 1.10 kg; es así que se cumple con el buen desempeño de la ecuación o exactitud, ya que estos valores difieren en menos de 300g. Se concluyó con base en el error puro que esta ecuación es exacta en la muestra de validación.

Adicionalmente, la exactitud se probó mediante un análisis de regresión simple entre el promedio de las diferencias del DEXA y la ecuación antropométrica y por la prueba de t pareada entre las medias del DEXA y las obtenidas por la ecuación antropométrica. Los resultados fueron significativamente diferentes, por lo que se consideró que el modelo antropométrico presentó sesgo, así como una diferencia significativa con los valores obtenidos por antropometría en comparación con los de referencia del DEXA; es así que no se consideró la ecuación por antropometría como un buen modelo (tabla 14).

Tabla 14. Resultados de la exactitud del modelo por antropometría y el DEXA

	DEXA	antropometría	Promedio de las diferencias DEXA y antropometría (kg)	Valor de r	Valor de *p	Valor de**p
MM en extremidades (kg)	15.39 ± 3.6	14.98 ± 3.41	0.403	0.220	0.023	0.003

Valores de p significativos \* regresión, \*\* t pareada

Los resultados anteriores muestran diferencias significativas entre los valores obtenidos por DEXA y los obtenidos por la ecuación antropométrica, por lo que esta ecuación se descartó como un buen modelo de predicción.

Las ecuaciones antropométricas publicadas con anterioridad, presentaban la desventaja de no haber sido validadas o haberse desarrollado en muestras muy pequeñas (estudios en cadáveres) y la estimación fue de masa muscular total (Martin et al, 1990; Doupe et al, 1997; Clarys, 1984). Lee et al (2000), publicaron ecuaciones antropométricas para estimar la masa muscular total, utilizando la RM como el estándar de oro. Si bien la ecuación no es comparable dado el componente corporal que ellos estimaron, ellos sí la validaron exitosamente en adultos sanos tanto obesos como no obesos y concluyeron que podrían ser útiles tanto en estudios epidemiológicos como clínicos.

El uso de antropometría para estimar masa muscular requiere forzosamente de mediciones predictoras de este componente, por lo general se elige un grupo muscular con la intención de que las mediciones sobre esa área, sean proporcionales a la masa muscular total corporal (Lukaski, 2005). Sin embargo, se ha encontrado que particularmente en las mediciones de la circunferencia media de brazo, se tienen errores en la medición del área muscular de brazo de hasta 15-25% al compararse con los valores de la TAC. En general aún no se puede concluir si la antropometría es suficientemente sensible para encontrar cambios en la masa muscular a lo largo del tiempo cuando hay cambios en el peso corporal (Lukaski, 2005), y por los resultados encontrados en este estudio, aun es cuestionable su utilidad en estudios de tipo transversal.

## Prevalencia de Sarcopenia

Utilizando el método de residuales de Newman (2003), se calculó la prevalencia de sarcopenia en hombres y mujeres. Se tomó como criterio de corte la percentila 20 de los residuales de los valores reportados por el DEXA. Para mujeres el criterio de corte fue de valores  $\leq -1.216$  y para hombres valores  $\leq 0.93$ , conforme a ello se calculó la prevalencia de sarcopenia que fue de 10% en mujeres y 30% en hombres. Los resultados que difieren con lo reportado por la autora del método, ya que en su investigación reportó una prevalencia de sarcopenia en mujeres de 21% y 11.5% en hombres. Cabe aclarar que este método ajusta los resultados por talla y por masa grasa y se realizó en una población de 1549 mujeres y 1435 hombres, en tanto que nuestro estudio presenta un grupo reducido de hombres, por lo que se debe de tomar con reservas esta prevalencia. Delmonico et al, (2007), utilizaron este método para estimar sarcopenia en 842 mujeres y 908 hombres entre los 70 y 79 años. En ellos se encontró una prevalencia de 30.5% en las mujeres y 27.1% en hombres; es desde luego sabido que a mayor edad, mayor prevalencia de sarcopenia y tampoco es adecuado compararlos con nuestro grupo en el que la edad promedio fue de 68 y 70 años en mujeres y hombres, respectivamente.

La sarcopenia es muy común en el AM, se han reportado prevalencias de 5 a 13% en sujetos de 60 a 70 años y de 11 a 50% en personas mayores de 80 años. La variabilidad en las prevalencias depende del método utilizado y de los criterios de corte utilizados en su definición (Morley, 2008). A pesar de las consecuencias adversas que trae la sarcopenia, aún no se cuenta con una definición estandarizada. Recientemente (Cruz Jentoft et al, 2010), definieron sarcopenia como la pérdida de masa muscular, aunada a uno de 2 criterios: baja fuerza o baja actividad física; por lo que es probable que incluyendo estos indicadores y trabajando bajo los mismos criterios diagnósticos, se puedan obtener a corto plazo prevalencias comparables entre distintos grupos étnicos.

## Conclusiones

La ecuación de BIE desarrollada y validada en esta investigación es una excelente opción para utilizarse en población geriátrica para la estimación de MME. Cumplió con el rigor en la medición de las variables que incluye, desde la calibración del equipo hasta la medición de indicadores. Cumplió con los supuestos de la regresión y con el rigor de la validación.

La ecuación desarrollada por antropometría cumplió con los supuestos de la regresión, sin embargo no cumplió con los requisitos de validación. Lo mismo sucedió con la ecuación desarrollada y validada en población Caucásica por Kyle et al (2003), lo cual reitera la necesidad de validar ecuaciones ajenas y de preferencia desarrollarlas en la población de interés.

La estimación de la prevalencia de sarcopenia por el método de Newman, tiene la ventaja sobre otros métodos, en que utiliza a la misma población para obtener su resultado de prevalencia (por debajo del percentil 20) a diferencia de otros criterios en los que se utilizan valores de MME de poblaciones jóvenes. Este método ajusta por la estatura y la grasa corporal, por lo que puede utilizarse en personas con sobrepeso u obesidad. Consideramos necesario aumentar el tamaño de muestra de los hombres, para poder obtener resultados más confiables.

Sigue siendo una necesidad el contar con alternativas de medición de los diferentes componentes corporales. Como característica es el que deben de ser poco invasivas y accesibles en cuanto a costo y facilidad de medición, con el objeto de poder realizar tamizajes en grupos grandes y establecer estrategias de intervención que permitan prevenir el deterioro funcional en el AM.

## V. LITERATURA CITADA

- Alemán-Mateo, H., J. Esparza, N. Macías, G, Salazar, J. Wyatt y M. Valencia. 2004. Determination of body composition using air displacement plethysmography, anthropometry and bioelectrical impedance in rural elderly Mexican men and women. *J. Nutr. Health Ageing*. 8: 344-349.
- Alemán-Mateo, H., J. Esparza, F. Ramírez, H. Astiazarán y H. Payette. 2011. Longitudinal evidence on the association between interleukin-6 and reactive protein with the loss of total appendicular skeletal muscle in free-living older men and women. *Age Ageing*. 40:469-475.
- Alemán-Mateo, H., S.Y. Lee, F. Javed, J. Thornton, S.B. Heymsfield, R.N. Pierson, et al. 2009. Elderly Mexicans have less muscle and greater total and truncal fat compared to African-Americans and Caucasians with the same BMI. *J. Nutr. Health Ageing*. 12:433-450.
- Augustemak de Lima, L.R., C. R. Rech y E. L. Petroski. 2008. Use of bioelectrical impedance for the estimation of skeletal muscle mass in elderly men. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 58:386-391
- Barbosa, M. C., y A. J. Barros. 2005. Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: a new perspective on its use beyond composition equations. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*. 8:311-817.
- Baumgartner, R. N., S. B. Heymsfield, S. Lichtman, J. Wang y R. N. Pierson. 1991. Body composition in elderly people: effect of criterion estimates on predictive equations. *Am. J. Clin. Nutr.* 53: 1345-1353.

- Baumgartner, R. N., K. M. Koehler, D. Gallagher, L. Romero, S. B. Heymsfield, R. R. Ross, et al. 1998. Epidemiology of Sarcopenia among elderly in New México. *Am. J. Epidemiol.* 147: 755-763.
- Bellido, D., y J. Carreira. 2006. Desarrollo de ecuaciones predictivas para el cálculo de composición corporal por impedanciometría. *Rev. Esp. Obes.* 4:97-106.
- Bland, J. M. y D.G. Altman. 1986. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 8: 307-310.
- Borst, S. E. 2004. Interventions for sarcopenia and muscle weakness in older people. *Age and Ageing.* 33:548-555.
- Chen, Z., Z. M. Wang, T. Lohman, S. B. Heymsfield, E. Outwater, J. S. Nicholas, et al. 2007. Dual-energy X ray absorptiometry is a valid tool for assessing skeletal muscle mass in older women. *J. Nutr.* 137: 2775-2780.
- Chien, M. Y., T.Y. Huang, e Y.T. Wu. 2008. Prevalence of sarcopenia estimated using bioelectrical impedance analysis prediction equation in community-dwelling elderly people in Taiwan. *J. Am. Geriatr. Soc.* 56:1710-1715.
- Chien, M. Y., H. K. Kuo, e Y.T. Wu. 2010. Sarcopenia, cardiopulmonary fitness, and physical disability in community-dwelling elderly people. *Phys. Ther. Ass.* 90:1277-1287.
- Chow, L. y N. Sreekumaran. 2005. Sarcopenia of male aging. *Enocrinol.Metab.Clin.N.Am.* 34: 833-852.

Chumlea, W.C., y R.N. Baumgartner. 1989. Status of anthropometry and body composition data in elderly subjects. *Am. J. Clin. Nutr.* 50:1158-166.

Chumlea, W.C. y Sh.S. Sun. 2007. Análisis de Impedancia Bioeléctrica. En: S. B. Heymsfield, T. G. Lohman, Z. M. Wang, y S. B. Going, (eds). *Composición Corporal*. 2ª Edición. p 79. Mc Graw Hill Interamericana. México, Bogotá, Buenos Aires.

Cesari, M., S. B. Kritchevsky, R. N. Baumgartner, H. H. Atkinson, B. Penninx, L. Lenchik, Sh. L. Palla, y Ch. Chia-Hui. 2001. A concept analysis of malnutrition in the elderly. *J. A. N.* 36:131-142.

Clarys, J. P, A. D Martin, y D. T Drinkwater. 1984. Gross tissue weights in the human body by cadaver dissection. *Hum. Biol.* 56:459-473.

COESPO [http://poblacionqueretaro.gob.mx/images/hojas\\_de\\_datos/2011.pdf](http://poblacionqueretaro.gob.mx/images/hojas_de_datos/2011.pdf).  
(Consultado noviembre del 2011).

CONAPO, SEGOB. 2008. Informe de México: El cambio demográfico, el envejecimiento y la migración internacional en México. Comité especial sobre población y desarrollo XXXII Periodo de sesiones de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santo Domingo, Rep Dominicana, 9-13 de Junio.

Cruz Jentoft, A. J., J. P. Bayens, J. M Bauer, Y. Boirie, T. Cederholm, F. Landi, F. C. Martin, et al. 2010. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis. Report of the European working group on sarcopenia in older people. *Age and Ageing* 39:412-423.

Deurenberg P., M. Deurenberg-Yap, y S. Guricci. 2002a. Asians are different from Caucasians and from each other in their body mass index (body fat percent relationship). *Obes. Rev.* 3:141-146.

Deurenberg P., M. Deurenberg-Yap y F. J. M. Schouten. 2002b. Validity of total and segmental impedance measurements for prediction of body composition across ethnic population groups. *Eur. J. Clin. Nutr.* 56:214-220

Doherty, T. J. 2003. Physiology of aging. Invited review: Aging and sarcopenia. *J. Appl. Physiol.* 95:1717-1727.

Doupe, M.B., A.D. Martin, M.S. Searle, D.J. Kriellaars y G.G. Giesbrecht. 1997. A new formula for population-based estimation of whole body muscle mass in males. *Can. J. Appl. Physiol.* 22:598-608.

Ellis, K.J. 2001. Selected body composition methods can be used in field studies *J. Nutr.* 131:1589S-1595.

Espinosa, M.A., L. Rivas, E.C. González, X. Atilano-Carsi, P. Miranda, y R. Correa. 2007. Vectores de impedancia bioeléctrica para la composición corporal en población mexicana. *Rev. Invest. Clin.* 59:15-24.

Evans, W.J., y W.W. Campbell. 1993. Sarcopenia and age related changes in body composition and functional capacity. *J. Nutr.* 123:S465-468.

Evans, W. J. 2002. Effects of exercise on senescent muscle. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 403:S211-220.

Fernández, J.M. 1992-1998. Bioquímica del ejercicio. <http://www.ugr.es/~gebqmed/lib06.html>. Consultado Junio 28 2011

- Gallagher, D., M. Visser, R. E. De Meersman, D. Sepúlveda, R. N. Baumgartner, R. N. Pierson, et al. 1997. Appendicular skeletal muscle mass: effects of age, gender and ethnicity. *J. Appl. Physiol.* 83:229-239.
- Gallagher, D., E. Ruts, M. Visser, S. Heshka, R. N. Baumgartner, J. Wang, et al. 2000. Weight stability masks sarcopenia in elderly men and women. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 279: E366–375.
- Gallagher, D. y M. Y. Song. 2003. Evaluation of body composition: practical guidelines. *Prim. Care. Clin. Office Pract.* 30:249-265.
- Glass, D. J. 2007. Two tales concerning skeletal muscle. *J. Clin. Invest.* 117: 2486-2495.
- Gurney, J., y D. B. Jelliffe. 1973. Arm anthropometry in nutritional assessment: nomogram for rapid calculation of muscle circumference and cross sectional muscle and fat area. *J. Clin. Nutr.* 26: 912-915.
- Guo Sh., C. Chumlea y D. Cockram. 1996. Use of statistical methods to estimate body composition. *Am. J. Clin. Nutr.* 64: S428-435.
- Hansen, R.D., Ch. Raja, A. Aslani, R. C. Smith y B. J. Allen. 1999. Determination of skeletal muscle and fat- free mass by nuclear and dual-energy X-ray absorptiometry methods in men and women aged 51-84. *Am. J. Clin. Nutr.* 70:228-233.
- Hepple, R. T. 2003. Sarcopenia a critical review. *Sci. Aging. Knowl. Environ.* 46:31-36.

Hologic Osteoporosis assessment. QDR® Series X-ray bone densitometers. 2005. Technical Specifications Manual. Document No MAN-00216 Revision 003.

Hughes, V. A., R. Roubenoff, M. Wood, W. R. Frontera, W. J. Evans y M. A. Fiatarone. 2004. Anthropometric assessment of 10-y changes in body composition in elderly. *Am. J. Clin. Nutr.* 80:475-482.

Human Physiology: muscle: <http://people.eku.edu/ritchisong/301notes3.htm>

Iannuzzi-Sucich, M., K. M. Prestwood, y A. M. Kenny. 2002. Prevalence of sarcopenia and predictors of skeletal muscle mass in healthy older men and women. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 2:M772-777.

Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI). Estadísticas sociodemográficas. Principales resultados por localidad 2005 (ITER). En línea. Disponible: <http://www.inegi.org.mx/est/> (consultado 21 de Marzo del 2009).

Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI). México en cifras. En línea. Disponible: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx> (consultado 2 de junio del 2011).

Janssen, I., S. B. Heymsfield, R. N. Baumgartner y R. Ross. 2000a. Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J. Appl. Physiol.* 89:465-471.

Janssen, I., S. B. Heymsfield, Z. M. Wang y R. Ross. 2000b. Skeletal muscle mass distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *J. Appl. Physiol.* 89:81-88.

- Janssen, I., R. N. Baumgartner, R. Ross, I. H. Rosenberg y R. Roubenoff. 2004. Skeletal muscle cut points associated with elevated physical disability risk in older men and women *Am. J. Epidemiol.* 159:413-421.
- Katz, S., A. B. Ford, A. W. Moskowitz, B. A. Jackson y M. W. Jaffe. 1963. Studies of illness in the aged. The index of ADL: A standardized measure of biological and psychosocial function. *J.A.M.A.* 185:914-919.
- Kim, J., Z. M. Wang, S. B. Heymsfield, R. N. Baumgartner y D. Gallagher. 2002. Total body skeletal muscle mass: estimation by a new dual energy X ray absorptiometry method. *Am. J. Clin. Nutr.* 76:378-383.
- Kleimbaum, D., L. Kupper y K. Muller. 1993. Applied regression analysis and other multivariate methods. 3a ed. Books/Cole. Publishing Company. Pp 200-267.
- Kyle, U.G., L. Genton, D. Hans, L. Karsegard, D.O. Slosman y C. Pichard. 2001a. Age-related differences in fat free mass between 18 and 94 years. *Eur. J. Clin. Nutr.* 55: 663-672.
- Kyle, U.G., L. Genton, D. Hans, V.L. Karsegard, J.P. Michel, D.O. Slosman y C. Pichard. 2001b. Total Body mass, fat mass, fat free mass and skeletal muscle in older people: cross-sectional differences in 60 year-old persons. *J.A.G.S.* 49:1633-1640.
- Kyle, U.G., L. Genton, D. Hans y C. Pichard. 2003. Validation of a bioelectrical impedance analysis equation to predict appendicular skeletal muscle mass. *Clin. Nutr.* 22:537-544.

- Kyle, U.G., I. Bosaeus, A.D. De Lorenzo, P. Deurenberg, M. Elia, J.M. Gómez, et al. 2004a. Bioelectrical impedance analysis part I: review of principles and methods. Clin. Nutr. 23:1226-1243.
- Kyle, U.G., I. Bosaeus, A.D. De Lorenzo, P. Deurenberg, M. Elia, J.M. Gómez, et al. 2004b. Bioelectrical impedance analysis part II: utilization in clinical practice. Clin. Nutr. 23:1430-1453.
- Lee, R.C., Z.M. Wang, M. Heo, R. Ross, I. Janssen y S.B. Heymsfield. 2000. Total body skeletal muscle mass: development and cross validation of anthropometric prediction models. Am.J.Clin.Nutr. 72:796-803.
- Lee, S.Y. y D. Gallagher. 2008. Assessment methods in human body composition. Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care. 11:566-572.
- Levine, J.A., L. Abboud, M. Barry, J.E. Reed, P.F. Sheedy, y M.D. Jensen. 2000. Measuring leg muscle and fat mass in humans: comparison of CT and dual-energy X-ray absorptiometry. J.Appl.Physiol. 88:452-56.
- Lohman, T.G., A.F. Roche, y R. Martorell. 1988. Anthropometric standarization reference manual. Abridged Edition. Human Kinetics Books, Champaign Illinois.
- Lopategui, E. 2003. El sistema muscular, función durante el reposo. MA Fisiología del ejercicio. disponible <http://www.saludmed.com/FisiolEj/MuscN.html>
- Lukaski, H.C. 2007. Valoración de la masa muscular. En: S.B. Heymsfield, T.G. Lohman, Z.M. Wang y S.B. Going (Eds). Composición Corporal. (2ª edición). Mc Graw Hill Interamericana. p 203.

- Malina, R.M. 2007. Body composition in athletes: assessment and estimated fatness. *Clin. Sports Med.* 26:37-68.
- Martin, A.P., L.F. Spenst, D.T. Drinkwater y J.P. Clarys. 1990. Anthropometric estimation of muscle mass in men. *Med. Sci. Sport. Exerc.* 22:729-733.
- McCargar, L. 2007. New insights into body composition and health through imaging analysis. *Can.J.Diet.Prac. Res.* 68:160-65.
- Modlesky, C., S. Bickel, J. Slade, R. Meyer, K. Cureton, y G. Dudley. 2004. Assessment of skeletal muscle mass in men with spinal cord injury using dual energy X ray absorptiometry and magnetic resonance imaging. *J.Appl. Physiol.* 96:561-64.
- Morley J.E. 2008. Sarcopenia: diagnosis and treatment. *J.Nutr.Health Aging.* 12:452-460
- Narici, M.V., C.N. Maganaris, N.D. Reeves, y P. Capodaglio. 2003. Effect of aging on human muscle architecture. *J.Appl.Physiol.* 95:2229-2234.
- Newman, A.B., V. Kupelian, M. Visser, E. Simonsick, B. Goodpaster, M. Nevitt, et al. 2003. Sarcopenia: alternative definitions and associations with lower extremity function. *J.A.G.S.* 51:1602-609.
- Novelo, H.I. 2003. Aspectos demográficos del adulto mayor. *Nutrición Clínica.* 6:63-69.
- Núñez, C., D. Gallagher, J. Grammes, R. Baumgartner, R. Ross, Z. Wang, et al. 1999. Bioimpedance analysis: potential for measuring lower limb skeletal muscle mass. *J. P. E. N.* 23:96-103

- ONU. Organización de las Naciones Unidas. Informe de la Segunda Asamblea Mundial sobre Envejecimiento. Madrid 8 a 11 de abril, 2002. Naciones Unidas, Nueva York 2002. A/CONF.197/9. Publicación de las Naciones Unidas.
- Pagano, M, K. Gauvreau. 2001. Regresión Múltiple En: Fundamentos de Bioestadística. Segunda edición. Thomson Learning.
- Pfeiffer, E. 1975. A short portable mental status questionnaire for the assessment of organic brain deficit in the elderly patients. *J.Am.Geriatr.Soc.* 23:433-41.
- Pietrobelli, A., P. Morini, N. Battistini, G. Chiumello, C. Nuñez, y S.B. Heymsfield. 1998. Appendicular skeletal muscle mass: prediction from multiple frequency segmental bioimpedance analysis. *Eur.J.Clin.Nutr.* 52:507-11.
- Polit, D., B. Hungler. 2002. Procedimientos estadísticos multivariados, en: Investigación científica en ciencias de la salud. Sexta edición. Mc Graw Hill Interamericana, México.
- Proctor, D.N., P.C. O'Brien, E.J. Atkinson, y K.S. Nair. 1999. Comparison of techniques to estimate total body skeletal muscle mass in people of different age groups. *Am.J.Physiol.* 277: E 489-95.
- Riegelman, R. y R. Hirsch. 1998. Análisis Multivariante en: Cómo estudiar un estudio y probar una prueba: lectura crítica de la literatura médica. Tercera reimpresión. OPS
- Rosenberg, I. 1989. Epidemiologic and methodologic problems in determining nutritional status of older persons. Summary Comments. *Am.J.Clin.Nutr.* 50 suppl:1231-33.

- Roubenoff, R., R. Baumgartner, T. Harris, G. Dallal, M. Hannan, C. Economos, et al. 1997. Applications of bioelectrical impedance analysis to elderly populations. *J.Gerontol.Med.Sci.* 52A: M129-136.
- Serra Rexach, J.A. 2006. Consecuencias clínicas de la sarcopenia. *Nutr. Hosp.* 21 suppl 3 46-50.
- Shapiro, S. y M.B. Wilks. 1965. An analysis of a variant test for normality complete samples. *Biometrika.* 52:15-22.
- Shen, W., M.P. St-Onge, Z.M. Wang, y S.B. Heymsfield. 2007. Estudio de la composición corporal: generalidades. En: S.B. Heymsfield, T.G. Lohman, Z.M Wang, y S.B. Going (eds). *Composición Corporal.* 2ª Edición. México, Mc Graw Hill Interamericana. p 3.
- Shih, R., Z. Wang, M. Heo, W. Wang, y S.B. Heymsfield. 2000. Lower limb skeletal muscle mass: development of dual-energy X-ray absorptiometry prediction model. *J.Appl.Physiol.* 89:1380-86.
- Song, M.Y., E. Ruts, J. Kim, I. Janumala, S. Heymsfield y D. Gallagher. 2004. Sarcopenia and increased adipose tissue infiltration of muscle in elderly African American women. *Am. J. Clin. Nutr.* 79:874-80
- Sun, S.S., y Wm.C. Chumlea. 2007. Statistical methods. En: S.B. Heymsfield, T.G. Lohman, Z.M Wang, y S.B. Going (Ed). *Human Body Composition.* 2ª edición. Human Kinetics. USA, Canada, Australia. 151-161.

- Valencia, M.E, H. Alemán-Mateo, G. Salazar y M. Hernández Triana. 2003. Body composition by hydrometry (deuterium oxide dilution) and bioelectrical impedance in subjects aged <60 y from rural regions of Cuba, Chile and México. *Int. J. Ob.* 27:848-855.
- Valtueña, S., V. Arijal, y J. Salas-Salvadó. 1995. Estado actual de los métodos de evaluación de la composición corporal: descripción, reproducibilidad, precisión, ámbitos de aplicación, seguridad, coste y perspectivas de futuro. *Med.Clin.Barcelona*. 106:624-35.
- Velázquez-Alva, M.C., L. Castillo, E. Irigoyen-Camacho, M.A. Zepeda-Zepeda, L.M. Gutiérrez y P. Cisneros. 1996. Estudio antropométrico de un grupo de hombres y mujeres de la tercera edad en la Ciudad de México. *Salud Pública de México*. 38: 466-474.
- Visser, M. J., Langlois, J.M. Guralnik, J.A. Cauley, R.A. Kronmal, J.Robbins, et al. 1998. High body fatness, but not low fat-free mass, predicts disability in older men and women: the cardiovascular health study. *Am J Clin Nutr.* 68:584-590.
- Visser, M.J., T. Fuerst, T. Lang, L. Salamone, y T.B. Harris. 1999. Validity of fan-beam dual-energy X-ray absorptiometry for measuring fat-free mass and leg muscle mass. *J. Appl. Physiol.* 4:1513-520.
- Wang, Z., R.N. Pierson Jr, y S.B. Heymsfield. 1992. The five-level model: a new approach to organizing body composition research. *Am.J.Clin.Nutr.* 56:19-28.
- Wang, W., Z. Wang, M. Faith, D. Kotler, Shih R, y S. Heymsfield. 1999. Regional skeletal muscle measurement: evaluation of new dual energy X- ray absorptiometry model. *J. Appl. Physiol.* 87:1163-1171.

Wells, J.C.K. 2006. Validity of methods used for the assessment of body components in children: pros and cons of modern versus old technology. *Horm. Res.* 66 Suppl 1:58-64.

Wolfe, R.R. 2006. The underappreciated role of muscle in health and disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 84:475-82.

Woodrow, G. 2009. Body Composition analysis techniques in aged adult: indications and limitations. *Curr. Opin. Clin.Nutr.Metab.Care.* 12:8-14.

## VI. ANEXOS

### Anexo 1. Índice de Katz

#### INDICE DE INDEPENDENCIA EN LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

Incapacitados Físicamente para:

1.- Por algún impedimento o problema de salud, requiere la ayuda de otra persona para:

Alimentarse	Ind	Dep
Bañarse	Ind	Dep
Vestirse	Ind	Dep
Desplazarse e casa	Ind	Dep
Uso de WC	Ind	Dep
Incontinencia	Ind	Dep

Actividades	Independiente	Dependiente
Alimentación	Come sin ayuda, se excluye cortar alimentos.	Recibe ayuda o recibe alimentación por SNG
Baño	No recibe ayuda: entra y sale solo del baño. Recibe ayuda en parte del cuerpo (espalda, piernas)	Recibe ayuda para más de una parte del cuerpo. Recibe ayuda para entrar y salir del baño
Vestido	Se viste solo sin ayuda o únicamente le atan los zapatos	Le preparan la ropa y le ayuda a ponérsela
Movilidad	Entra y sale de la cama, se levanta sin ayuda. Se levanta de una silla, se desplaza sin ayuda	Necesita ayuda para levantarse y acostarse. No se levanta de la cama. Requiere ayuda para levantarse de una silla, no se desplaza
Uso de WC	Va solo, se arregla la ropa y se limpia sin ayuda, va sin ayuda por la noche	Requiere ayuda para ir y/o limpiarse
Continencia de esfínteres	Controla ambos esfínteres completamente	Incontinencia total o parcial. Control parcial o total con enemas

Valoración:

A.- Independiente en todas sus actividades

B.- Independiente en todas sus actividades, menos en una de ellas

C.- Independiente para todas excepto para bañarse y otra función adicional

E.- Independiente para todas, excepto bañarse, vestirse, uso de WC y otra función

F.- Independiente para todas, excepto bañarse, vestirse, uso de WC, levantarse y otra función

G.- Dependiente para 6 funciones

Otros: Dependiente en al menos 2 funciones, pero no clasifica como C, D, E o F

A (máxima independencia)

G (máxima dependencia)

Se puede asignar un punto a cada puntuación, 6 indica independencia, 4 deterioro moderado, una puntuación de 2 indica deterioro grave.

Complementario

2.- Por algún impedimento o problema de salud, requiere la ayuda de otra persona para:

Realizar cuentas de casa	Si	No
Ir al supermercado	Si	No
Realizar otras compras	Si	No
Desplazarse al banco u otros	Si	No

## Anexo 2. Escala de Pfeiffer

Pregunta	Respuesta	Errores
¿Qué fecha es hoy? (día, mes y año)		
¿Qué día de la semana es hoy?		
¿Dónde estamos ahora? (lugar o edificio)		
¿Cuál es su número de teléfono? (si no tiene teléfono, preguntar cuál es su dirección)		
¿Qué edad tiene?		
¿Cuándo nació? (día, mes y año)		
¿Quién es el Presidente del Gobierno?		
¿Quién era el anterior Presidente del Gobierno?		
¿Cuál es el primer apellido de su madre?		
Reste de tres en tres desde el número veinte		
(Cualquier error hace la respuesta se considere errónea)		
<b>TOTAL:</b>		

### Interpretación:

Se adjudica un punto por cada error.

Entre 0 y 2 errores se considera normal.

Entre 3 y 4 errores, deterioro cognitivo leve.

Entre 5 y 7 errores, deterioro cognitivo moderado.

Más de 8 errores, deterioro cognitivo severo.

Se permite un error adicional si el nivel educativo es bajo (estudios elementales).

Se permite un error menos si ha recibido estudios superiores (estudios universitarios)

### Anexo 3. Técnicas Antropométricas

**Peso corporal.-** Se proporcionó a todos los pacientes una bata y un short, confeccionados para este proyecto, con el objeto de que se disminuyera el error por diferencias en el peso de la ropa. Se descalzaron y despojaron de todo objeto metálico removible. Se utilizó una báscula digital marca Seca robusta 813, máxima capacidad 200 kg y divisiones de 100g, calibrada con pesas estandarizada de 5 y 10kg.

**Estatura.-** Se solicitó al paciente se descalzara, procurando colocar los talones juntos y lograr contacto con el estadímetro, en algún punto (homóplato, nalgas o talones). La cabeza se colocó de manera que se lograra formar una línea imaginaria entre el borde auditivo superior y el borde inferior de la órbita del ojo (plano de Frankfort), se midió al momento de exhalación. Se utilizó un estadímetro Harpenden, portátil (Holtain Ltd Crosswell, Crymych UK) con contador en mm y rango de 810-2060 mm  $\pm$  0.1 cm. Con los indicadores mencionados se obtuvo el índice de masa corporal (IMC), peso/talla<sup>2</sup>

Diámetros o circunferencias:

Todas las mediciones de extremidades, se realizaron del lado izquierdo del sujeto.

**Circunferencia media de brazo:** Para localizar el punto de referencia se pidió al sujeto que con su brazo formara un ángulo de 90°, se marcó el punto medio entre el acromion y el olecranon; se lazó el brazo en este punto y se tomó la lectura con el brazo relajado y sin apretar la cinta de manera que no se comprimiera el brazo. Se utilizó una cinta métrica metálica marca Rosscraft, de 2m de largo, divisiones en cm y mm.

**Circunferencia de muñeca:** Se tomó la medición a la altura del hueso carpiano.

**Pantorrilla.-** Se tomó en la parte más prominente del músculo gemelo.

**Medición de panículos adiposos:** La mayoría de las ecuaciones de predicción precisan de uno o más pliegues, los cuales se realizaron por duplicado, con una tercera medición en caso de haber discrepancia mayor a 2 mm. De manera general, se localizó el sitio anatómico correspondiente al pliegue, con ayuda del dedo índice y pulgar, el tejido graso se liberó del tejido muscular, el pliegue se mantuvo sin soltar. Se colocó el plicómetro unos mm por debajo del pliegue y se tomó la lectura en los primeros 3 seg. Las mediciones se realizaron con un Plicómetro Lange (Beta Technology Incorporated Cambridge Maryland) con presión uniforme de  $10\text{g/mm}^2$  en la superficie de contacto y una amplitud de 0 a 70 cm y divisiones en mm.

**Tríceps.-** Se midió con el brazo relajado, en el punto medio (señalado previamente con la circunferencia de brazo), en la parte posterior de éste y sobre el músculo tricipital a nivel de la línea axilar.

**Bíceps.-** Se midió a la misma altura que el pliegue de tríceps, a nivel del bíceps.

**Subescapular.-** La lectura se realizó aprox. 1cm por debajo del ángulo inferior de la escápula, siguiendo la hendidura de la piel y formando un ángulo de  $45^\circ$ .

**Suprailiaco.-** Se tomó inmediatamente por arriba de la cresta iliaca, a la altura de la línea axilar.

**Pantorrilla.-** Se midió sobre el músculo gemelo, en la región más pronunciada de la pantorrilla.

Para la determinación de la complexión corporal, se utilizó un Elbow meter Futrex, con escala en cm, divisiones en mm. La medición se tomó a nivel de los epicóndilos del húmero.

#### Anexo 4. Técnica de Bioimpedancia

El sujeto se debió de quitar el zapato y calcetín de la pierna derecha y colocar las extremidades de manera que formaran ángulo de 30° respecto al tronco.

Los sujetos se midieron en decúbito supino en una superficie no conductora. Debieron de haber reposado cuando menos 5 min., se les pidió que colocaran los brazos separados del tronco, formando un ángulo de 30° en relación a éste. Las piernas debieron también de colocarse ligeramente separadas, formando un ángulo de 45°. La medición se realizó en el lado derecho del cuerpo. Previa limpieza con alcohol, se colocó un electrodo en el dorso de la articulación de la muñeca (sensor) entre las prominencias distales de la ulna y el radio y en la base de la tercer falange de la mano (emisor), así como en la cara anterior de la articulación del tobillo entre los dos maléolos (sensor) y en la base del segundo y tercer dedo del pie (emisor) conformando un circuito bioeléctrico en el que el componente principal es el cuerpo humano (Espinosa, 2007).

El equipo hace pasar una corriente de baja intensidad (800  $\mu$ Amp), a una frecuencia de 50kHz, misma que atraviesa los tejidos; (mide la caída del voltaje entre los dos puntos de colocación de electrodos y con ello la resistencia o impedancia del tejido corporal). Una vez que la medida se estabiliza se despliega en la pantalla el valor de resistencia en ohms y con otro botón se despliega la reactancia en ohms.

## Anexo 5. Técnica de medición por DEXA

El emisor y detector de rayos X se desplaza sincrónicamente a lo largo de la camilla en que se encuentra recostado el individuo, de manera que se obtiene la imagen completa del sujeto. La exposición para un estudio de cuerpo completo varía de 0.02 hasta 1.5 mrem (según instrumento y velocidad de exploración); lo cual es mucho menor que la exposición en una placa de rayos X (25-270 mrem). La fuente de rayos X se encuentra debajo de la plataforma y éstos se proyectan hacia arriba. Por arriba de la plataforma se encuentra un “brazo en C, movable” que convierte los rayos X en datos electrónicos, mismos que se transfieren a una computadora y se transforman en imágenes de scanner. La duración del estudio es de aprox. 6 minutos.

Previo a cada medición, el equipo fue calibrado conforme a especificaciones del proveedor. El equipo cuenta con un phantom en escalera con 6 campos en acrílico y aluminio de diferentes grosores con propiedades absorbentes conocidas y se utiliza como calibrador externo. Los sujetos debieron desprenderse de todo objeto metálico removible, joyería o placas dentales. Se colocaron sobre la plancha en decúbito supino, con la vista hacia el techo, el cuerpo se acomodó de manera que la línea divisora del centro de la cama señalara la distribución de la mitad del cuerpo en cada lado de la mesa. La cabeza y pies se colocaron en dirección a las líneas centrales marcadas para ello. Los brazos se acomodaron a los lados del cuerpo, con las palmas hacia abajo y los muslos separados. Las puntas de los pies se colocaron hacia arriba, se rotaron las piernas 25° hasta que los dedos de cada pie se tocaran y se fijaron con una banda. El paciente debió de mantenerse tranquilo y se le pidió respirara normalmente.

El equipo funciona automáticamente, previa selección del programa a utilizar. Cuenta con la opción de composición corporal como parte del análisis de cuerpo completo, el estudio se puede realizar en sujetos con peso máximo de 159 kg. Específicamente el estudio de MM en extremidades se debe de analizar con la opción de subregiones y ajustarse de manera manual. Con el uso de marcas

anatómicas específicas de brazos y piernas, éstas se trabajan sobre el planograma de cuerpo completo que despliega el equipo; estos ajustes se realizaron por el director de la investigación quien cuenta con un adiestramiento especial para ello. La MM en brazos, abarca el tejido blando que se extiende de la axila a la punta de las falanges; se debe de tener cuidado de no hacer contacto con las costillas, pelvis ni trocánteres mayores. La MM en piernas, abarca el tejido blando que se extiende de una línea en ángulo del cuello femoral a la punta de las falanges (Kyle, 2003). El equipo reporta masa total, masa mineral ósea, y masa muscular en brazos y piernas y una cantidad constante de piel y tejido conectivo (Hologic, 2005). Para fines de esta investigación, se registraron los valores obtenidos de masa muscular en brazos y piernas, con la exclusión en el análisis de todas las demás regiones; de esta manera la masa muscular en las extremidades fue la suma del tejido magro en brazos y piernas.

## Anexo 6. Explicación estadística

En la presente investigación se utilizó un análisis multivariado (regresión múltiple), en el cual se tiene una variable dependiente y dos o más independientes. Las variables independientes se pueden medir en la misma o en diferentes escalas, siendo variables continuas o categóricas. Un análisis de regresión se realiza con la intención de predecir el comportamiento de algún fenómeno (en este caso para estimar la variable dependiente). Su característica es que a mayor correlación entre la variable dependiente con las independientes, más exacta será la predicción (Polit y Hungler, 2002). Es importante señalar que la correlación entre dos variables difícilmente es perfecta, es conveniente mejorar la predicción del valor de la variable dependiente utilizando más de una variable independiente.

En la regresión múltiple se estima la media de la variable continua dependiente mediante una ecuación lineal que incluye dos o más variables independientes continuas y para evaluar la hipótesis nula general, se emplea una prueba F; a saber:

$$\hat{Y} = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$$

Donde  $X_1, X_2, \dots, X_k$  son resultados de  $k$  variables explicativas distintas y  $\hat{Y}$ , es el valor medio de  $y$ , cuando las variables explicativas toman estos valores. La intersección  $\alpha$  es el valor medio de la respuesta u ordenada al origen y  $\beta$  es el cambio del valor medio de “ $y$ ” o coeficientes de regresión para  $k$  variables explicativas (correspondiente a un incremento de una unidad en  $X_1$ ), en tanto que  $\varepsilon$  es el error. La solución de la ecuación, minimiza la suma de los cuadrados de los errores de predicción  $\alpha$  y de  $\beta$ , por lo que utiliza el principio de mínimos cuadrados (Riegelman y Hirsch, 1998).

Los supuestos en los que se basa el análisis de regresión múltiple son:

- a) Las variables tienen una distribución normal
- b) Hay relación lineal entre la variable dependiente y las independientes
- c) La varianza de los errores es la misma en las variables independientes (homocedasticidad).
- d) Ausencia de colinealidad

Normalidad.- Se asume que las variables se distribuyen normalmente, así como los residuales, lo cual permite realizar inferencias estadísticas de los parámetros de regresión. La normalidad se puede evaluar con gráficas de histogramas.

Linealidad.- Un análisis de regresión supone que la relación entre los valores de cada variable predictora y la variable dependiente se pueden explicar por una línea recta o en su defecto, es lineal. Para confirmarlo, es necesario realizar un gráfico de correlación entre la variable dependiente con cada una de las variables predictoras. La nube de puntos debe encontrarse cercana a una línea recta, con poca dispersión a su alrededor.

Homocedasticidad.- Hace referencia a que los residuales (diferencia entre valores de la variable dependiente y los valores estimados por la ecuación), deben seguir una distribución normal de media 0 y varianza 1. En la regresión múltiple, la varianza de la variable dependiente se asume constante para todos los valores predictores, si la varianza no fuera constante, se debe considerar una transformación de los resultados. Para analizar si se cumple esta condición, se hace un gráfico de correlación en el que se comparan los valores de la variable dependiente estimados por el modelo, contra los residuales. En el gráfico no debe haber un patrón en la dispersión de los puntos de los residuales

Parsimonia o ausencia de colinealidad.- El ajustar un modelo, requiere evaluar que no exista colinealidad, ésta se presenta si dos o más variables explicativas o predictoras guardan correlación, es decir, ofrecen en gran medida la

misma información sobre la variación observada en “y”. En estudios de regresión múltiple, la relación entre la variable dependiente y una o varias de las independientes o predictoras puede distorsionarse por la relación que guardan estas variables.

Una ecuación puede tener varias variables predictoras y conforme el número de ellas se incrementa, mejora la precisión o los valores del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) del modelo o ecuación. Sin embargo el grado de precisión se desacelera, conforme se incluyen un mayor número de variables predictoras, ya que la interrelación entre las variables es más probable en la ecuación. Por lo tanto, al incluir un gran número de variables se corre el riesgo de la interrelación entre ellas y por ende la obtención de una ecuación inestable. Por lo anterior, se deben de eliminar de la ecuación aquellas variables con poca correlación con la variable dependiente y alta interrelación entre ellas. Para identificar la multicolinealidad se pueden usar gráficos matriciales de correlación o calcular el factor de inflación de la varianza (FIV) para cada variable predictora, el cual deberá de ser menor a 10 (Bellido y Carreira, 2006).

#### Tipos de Modelos:

A continuación se ofrece una breve explicación de los modelos que se pueden utilizar para desarrollar una ecuación:

.  
*Regresión múltiple escalonada hacia adelante.*- en este modelo se incluye una variable a la vez. Se selecciona la variable que presenta mayor correlación con la variable dependiente, posteriormente una segunda variable se elige conforme a la  $R^2$  más alta y se evalúa su contribución en la ecuación predictora desarrollada. El modelo se evalúa en cada paso, hasta que se consigue el poder estadístico con la mayor  $R^2$ ; el ejercicio se continúa hasta que se llegue a un punto en el que incluir más variables no incrementa la  $R^2$ , pues no se explica significativamente mayor variabilidad de “y”.

El modelo utilizado en esta investigación es el de modo *hacia atrás (stepwise)*, es un modelo inverso al anterior. En éste, se incluyen de manera inicial, todas las variables explicativas y el modelo descarta a aquéllas que no reducen significativamente el valor de  $R^2$ . La ecuación se evalúa a cada paso y se sigue el procedimiento hasta que las variables que permanecen, explican una porción significativa de la variación observada (Guo et al, 1996).

#### Elección del modelo:

En un modelo de regresión deben de incluirse únicamente las variables predictoras o explicativas que ayudarán a predecir o explicar la variabilidad de “Y” y cuyos coeficientes pueden explicarse adecuadamente. Si el estudio cuenta con varias variables predictoras, es necesario decidir cuáles de ellas van a entrar en el modelo, (Pagano y Gauvreau, 2001).

El mejor modelo se elige conforme al mayor valor del coeficiente de determinación  $R^2$  ajustado, que representa la proporción de la varianza total de la variable dependiente que es explicada por variables independientes incluidas en el modelo y el menor error estándar del estimador (EEE).

#### Variables en el modelo:

El incluir una variable como predictora, depende de su relación biológica y estadística con la variable dependiente. El que las variables predictoras tengan una amplia relación biológica y estadística, permitirá que la ecuación desarrollada se altamente precisa. Cabe aclarar que aunque una variable no presente una correlación estadísticamente significativa con la variable dependiente, deberá de considerarse su inclusión en el modelo si se considera que puede influir en la validez de la ecuación final (Bellido y Carreira, 2006). En resumen, con una adecuada elección de las variables y del correcto ajuste del modelo y de su

validación, se obtendrán ecuaciones que serán de utilidad en los diferentes campos del diagnóstico nutricional (Guo et al, 1996; Bellido y Carreira, 2006).

Para elegir el número adecuado de variables que debe de incluir el modelo, se utiliza el valor del índice o coeficiente de Mallows ( $C_p$ ). El  $C_p$  debe de ser un valor cercano al número de coeficientes de regresión o número de variables predictoras incluidas en el modelo. Cabe aclarar que la ecuación elegida debe de ser lo más sencilla posible.

#### Validación de la ecuación

Es la aplicación de la ecuación predictora en una muestra independiente de la que se generó, con la intención de simular su aplicación en una muestra de posible uso. El EEE obtenido al desarrollar el modelo de regresión, se emplea como indicador del grado de ajuste de la ecuación y se emplea para comparar el llamado error puro (EP) (Bellido y Carreira, 2006). El EP es la medida de cómo se comporta una ecuación al utilizarse en otra muestra independiente; a menor EP, mayor es la exactitud de la ecuación. No hay valores para definir el EP y considerar adecuada la validación, sin embargo se considera que debe de ser similar al EEE. Si hay valores elevados, es probable que las diferencias sean debidas a etnicidad, edad, sexo o quizá las mismas varianzas de las variables predictoras o la asociación que éstas presentan entre sí (Bellido y Carreira, 2006).

En esta investigación se realizó una validación cruzada en la que el total de la muestra se dividió en 2 grupos de manera aleatoria, con la particularidad de que cada grupo debió de tener el mismo número de hombres y mujeres. La validación cruzada se refiere a que en uno de estos grupos se desarrolló la ecuación y en el otro grupo (que se considera independiente) se validó. En ambos grupos se tomaron las mismas mediciones con el mismo rigor y en las mismas circunstancias.

La validación se complementa con una prueba de t pareada, en la que no se deben de encontrar diferencias entre los métodos y gráficamente mediante la prueba de concordancia de Bland y Altman (1986). Esta gráfica plasma los límites de concordancia obtenidos de las diferencias obtenidas entre las dos mediciones realizadas. Es un método gráfico y analítico en el que se observa cuánto difiere el nuevo método del de referencia y se evalúa si la diferencia es biológicamente aceptable. En este método se grafican en el eje de las ordenadas las diferencias absolutas entre los valores observados y los obtenidos con la ecuación desarrollada y en el eje de las X se grafica el promedio de los valores de dichas mediciones. Se grafican los límites de concordancia de las diferencias alrededor de la media en los que se espera que la mayor parte de ellos se encuentren entre los límites de  $\pm 2DE$ .

## Anexo 7. Matriz de correlación

		Correlations														
		Edad	sexo	suma apen	Estatura	Muñeca	resistencia	reactancia	talla2/resis	Circ Brazo	Circmuslo	CircPantorrilla	Fuerza BD	Fza BI	AMB	CMB
Edad	Pearson Correlation	1	.201*	.055	-.021	.172	-.155	-.403**	.092	-.246*	-.312**	-.130	-.008	-.008	-.026	.013
	Sig. (2-tailed)		.038	.577	.827	.076	.111	.000	.346	.011	.001	.183	.935	.938	.788	.891
	N	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
sexo	Pearson Correlation	.201*	1	.820**	.654**	.627**	-.517**	-.252**	.754**	-.133	-.216*	-.055	.701**	.725**	.372**	.518**
	Sig. (2-tailed)	.038		.000	.000	.000	.000	.009	.000	.172	.026	.576	.000	.000	.000	.000
	N	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
suma apen	Pearson Correlation	.055	.820**	1	.813**	.758**	-.640**	-.301**	.929**	.164	.124	.328**	.719**	.727**	.541**	.636**
	Sig. (2-tailed)	.577	.000		.000	.000	.000	.002	.000	.092	.204	.001	.000	.000	.000	.000
	N	107	107	109	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
Estatura	Pearson Correlation	-.021	.654**	.813**	1	.563**	-.243*	-.143	.771**	.065	.057	.229*	.649**	.627**	.312**	.406**
	Sig. (2-tailed)	.827	.000	.000		.000	.012	.143	.000	.505	.558	.018	.000	.000	.001	.000
	N	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
Muñeca	Pearson Correlation	.172	.627**	.758**	.563**	1	-.544**	-.247*	.710**	.225*	.039	.216*	.541**	.556**	.538**	.604**
	Sig. (2-tailed)	.076	.000	.000	.000		.000	.010	.000	.020	.692	.025	.000	.000	.000	.000
	N	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
resistencia	Pearson Correlation	-.155	-.517**	-.640**	-.243*	-.544**	1	.476**	-.794**	-.288**	-.222*	-.394**	-.372**	-.399**	-.551**	-.596**
	Sig. (2-tailed)	.111	.000	.000	.012	.000		.000	.000	.003	.022	.000	.000	.000	.000	.000
	N	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
reactancia	Pearson Correlation	-.403**	-.252**	-.301**	-.143	-.247*	.476**	1	-.389**	-.042	-.037	-.170	-.051	-.078	-.225*	-.240*
	Sig. (2-tailed)	.000	.009	.002	.143	.010	.000		.000	.670	.707	.081	.603	.422	.020	.013
	N	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
talla2/resis	Pearson Correlation	.092	.754**	.929**	.771**	.710**	-.794**	-.389**	1	.217*	.169	.387**	.659**	.667**	.558**	.644**
	Sig. (2-tailed)	.346	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.025	.083	.000	.000	.000	.000	.000
	N	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
Circ Brazo	Pearson Correlation	-.246*	-.133	.164	.065	.225*	-.288**	-.042	.217*	1	.731**	.675**	-.036	-.070	.723**	.647**
	Sig. (2-tailed)	.011	.172	.092	.505	.020	.003	.670	.025	.000		.000	.710	.475	.000	.000
	N	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
Circmuslo	Pearson Correlation	-.312**	-.216*	.124	.057	.039	-.222*	-.037	.169	.731**	1	.774**	-.107	-.098	.401**	.331**
	Sig. (2-tailed)	.001	.026	.204	.558	.692	.022	.707	.083	.000	.000		.000	.272	.315	.000
	N	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
CircPantorrilla	Pearson Correlation	-.130	-.055	.328**	.229*	.216*	-.394**	-.170	.387**	.675**	.774**	1	.017	.036	.472**	.425**
	Sig. (2-tailed)	.183	.576	.001	.018	.025	.000	.081	.000	.000	.000	.000		.862	.713	.000
	N	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
Fuerza BD	Pearson Correlation	-.008	.701**	.719**	.649**	.541**	-.372**	-.051	.659**	-.036	-.107	.017	1	.938**	.340**	.434**
	Sig. (2-tailed)	.935	.000	.000	.000	.000	.000	.603	.000	.710	.272	.862	.000		.000	.000
	N	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
Fza BI	Pearson Correlation	-.008	.725**	.727**	.627**	.556**	-.399**	-.078	.667**	-.070	-.098	.036	.938**	1	.346**	.443**
	Sig. (2-tailed)	.938	.000	.000	.000	.000	.000	.422	.000	.475	.315	.713	.000	.000		.000
	N	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
AMB	Pearson Correlation	-.026	.372**	.541**	.312**	.538**	-.551**	-.225*	.558**	.723**	.401**	.472**	.340**	.346**	1	.984**
	Sig. (2-tailed)	.788	.000	.000	.001	.000	.000	.020	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
	N	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
CMB	Pearson Correlation	.013	.518**	.636**	.406**	.604**	-.596**	-.240*	.644**	.647**	.331**	.425**	.434**	.443**	.984**	1
	Sig. (2-tailed)	.891	.000	.000	.000	.000	.000	.013	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
	N	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).