

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE SALUD PÚBLICA Y NUTRICIÓN**



**DESARROLLO DE UN PATRÓN DE REFERENCIA PARA
CLASIFICAR EL FÍSICO CORPORAL Y SU
PROPORCIONALIDAD BASADO EN LA RELACIÓN DE MASA
MAGRA Y MASA GRASA**

POR

MARVIN ELISEO GUILLÉN RAMÍREZ

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN NUTRICIÓN**

AGOSTO, 2017

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE SALUD PÚBLICA Y NUTRICIÓN
SUBDIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y POSGRADO**



**DESARROLLO DE UN PATRÓN DE REFERENCIA PARA CLASIFICAR EL
FÍSICO CORPORAL Y SU PROPORCIONALIDAD BASADO EN LA
RELACIÓN DE MASA MAGRA Y MASA GRASA**

POR

MARVIN ELISEO GUILLÉN RAMÍREZ

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN NUTRICIÓN**

**DIRECTOR DE TESIS
Dr. en C. ERIK RAMÍREZ LÓPEZ**

AGOSTO, 2017

**DESARROLLO DE UN PATRÓN DE REFERENCIA PARA CLASIFICAR EL
FÍSICO CORPORAL Y SU PROPORCIONALIDAD BASADO EN LA
RELACIÓN DE MASA MAGRA Y MASA GRASA**

Comité de tesis

Dr. En C. Erik Ramírez López

Dr. Zacarías Jiménez Salas

M. Sc. Alexandra Tijerina Sáenz

FINANCIAMIENTO

El presente trabajo de investigación y el curso del posgrado en la Maestría en Ciencias en Nutrición fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

ÁREA DE TRABAJO

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Laboratorio de Composición Corporal del Centro de Investigación en Nutrición y Salud Pública de la Facultad de Salud Pública y Nutrición de la Universidad Autónoma de Nuevo León bajo la dirección del Dr. En C. Erik Ramírez López.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Nuevo León y CONACyT, por el apoyo y las facilidades otorgadas durante estos dos años.

A la Facultad de Salud Pública y Nutrición, que se convirtió en una segunda casa para mí.

A mi director de tesis, el Dr. Erik Ramírez López, por su orientación, por el tiempo y por la confianza que depositó en mí durante el trayecto. Por invitarme siempre a la reflexión y al aprendizaje basado en problemas durante el proceso de elaboración de la tesis y la estancia en el Laboratorio de Composición Corporal.

Al personal docente de la Maestría en Ciencias en Nutrición, por su enseñanza, disposición, dedicación y el tiempo de esparcimiento compartido.

A mis compañeros de grupo. Agradezco su amistad, los abrazos, las comidas y las risas compartidas. Agradezco el consejo siempre oportuno y el hecho de haberlos encontrado en el camino. De poco en poco formamos una familia.

A la Maestra Yenisei, por su paciencia, por orientarme, por los consejos, y principalmente por la amistad que se forjó. A todos los miembros del equipo del Laboratorio de Composición Corporal, por extenderme la mano, por animarme con palabras o sonrisas. Agradezco infinitamente los momentos de alegría que nunca faltaron. De todos me llevo algo.

A mis amigos de Sabinas, amigos de la licenciatura y demás personas que conocí en estos dos años y que comencé a apreciar, por su paciencia, comprensión y por sus palabras de apoyo.

DEDICATORIA

A mis padres, Raúl y Juanita, por los valores que me dieron, sus oraciones, las enseñanzas y por la confianza que siempre han depositado en mí. Gracias por ayudarme a escalar hasta este punto y nunca darse por vencidos. Gracias por la presencia y el aliento.

A mis hermanos, Raúl y Edwin, por estar siempre al tanto de todo, por su paciencia, por las risas y las consultas médicas.

A mi tía Lupina, que aún viviendo lejos siempre está presente. Por el apoyo y el abrazo en la distancia.

¡Qué fortuna y alegría es tenerlos conmigo!. Nunca me falten.

ÍNDICE

	Página
1. RESUMEN	1
2. DEFINICIONES.....	3
3. INTRODUCCIÓN	4
4. ANTECEDENTES	4
4.1 Método de Heath-Carter (1967).....	4
4.2 Somatograma Ponderado de Behnke (SPB).....	7
4.3 Método de Hattori.....	9
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
6. JUSTIFICACIÓN.....	15
6.1 Privado.....	15
6.2 Público.....	16
6.3 Clínico.....	16
6.4 Deportivo.....	17
7. OBJETIVO GENERAL (CAPÍTULO I).....	18
7.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
8. OBJETIVO GENERAL (CAPÍTULO II).....	19
8.1 OBJETIVO ESPECÍFICO	19
9. METODOLOGÍA	20
9.1 Tipo de estudio	20
9.2 Universo de Estudio	20
9.3 Población de estudio.....	20
9.4 Criterios de inclusión	20
9.5 Técnica muestral	20
9.6 Instrumentos para la recolección de Información.....	23
9.7 Estrategia general (Capítulo I).....	24
9.3 Plan de análisis estadístico	28
9.8 Estrategia general (capítulo II)	30
10. RESULTADOS	33
10.1 Capítulo I.....	33
10.2 Capítulo II.....	42
11. DISCUSIÓN.....	50
11.1 Capítulo I.....	50
11.2 Capítulo II.....	54
11.3 Ventajas del estudio	55
11.4 Limitaciones del estudio	56
11.5 Perspectivas.....	56
12. CONCLUSIONES.....	58
13. CONSIDERACIONES ÉTICAS Y DE BIOSEGURIDAD.....	59

14.	REFERENCIAS	60
------------	--------------------------	-----------

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Clasificación del físico corporal en relación al índice de masa muscular y porcentaje de grasa corporal. Modificado de los Manuales de IBE de Tanita®	14
2	Operacionalización de variables	21
3	Categorización del nivel de masa libre de grasa de acuerdo al índice de masa libre de grasa	29
4	Categorización del nivel de masa grasa de acuerdo al índice de masa grasa	29
5	Categorización del nivel de masa muscular de acuerdo al índice de masa muscular	29
6	Categorización del nivel de la masa muscular apendicular de acuerdo al índice de masa muscular apendicular	29
7	Clasificación del físico corporal en relación al índice de masa muscular y porcentaje de grasa corporal. Manuales de Impedancia Bioeléctrica de Tanita®	31
8	Interpretación de valor estadístico K	32
9	Características físicas y de composición corporal de los sujetos del estudio por sexo	33
10.1	Categorización del nivel de masa libre de grasa basado en el índice de masa libre de grasa	34
10.2	Categorización del nivel de masa grasa basado en el índice de masa de grasa	34
10.3	Categorización del nivel de masa muscular basado en el índice de masa muscular	34
10.4	Categorización del nivel de masa muscular apendicular basado en el índice de masa muscular apendicular.	35
11.1	Descripción del físico corporal en nueve cuadrantes basados IMG vs IMLG	36
11.2	Descripción del físico corporal en nueve cuadrantes basados IMG vs IMLG	37
11.3	Descripción del físico corporal en nueve cuadrantes	38

	basados IMG vs IMM	
11.4	Descripción del físico corporal en nueve cuadrantes basados IMG vs IMM	39
11.5	Descripción del físico corporal en nueve cuadrantes basados IMG vs IMMA	40
11.6	Descripción del físico corporal en nueve cuadrantes basados IMG vs IMMA	41
12	Características de composición corporal de la muestra de referencia para desarrollo del patrón basado en %GC e IMM	42
13.1	Categorización del nivel de grasa corporal basado en el porcentaje de grasa corporal de una muestra de 718 sujetos evaluados por DXA	43
13.2	Categorización del nivel masa muscular basado en el índice de masa muscular de una muestra de 718 sujetos evaluados por DXA	43
14.1	Descripción del físico corporal de hombres en nueve cuadrantes basados %GC vs IMM (n=99)	44
14.2	Descripción del físico corporal para mujeres en nueve cuadrantes basados %GC vs IMM (n=136)	45
15	Características de composición corporal de la muestra para la validación	46
16.1	Número de hombres ubicados en cada cuadrante del patrón propuesto por Tanita® SC-331 vs patrón de referencia	47
16.2	Fuerza de concordancia entre el patrón de referencia y la Tanita® SC-331 en hombres	47
16.3	Número de mujeres ubicados en cada cuadrante del patrón propuesto por Tanita® SC-331 vs patrón de referencia	48
16.4	Fuerza de concordancia por prueba de Kappa (k) entre el patrón de referencia y la Tanita® SC-331 en mujeres.	48

16.5	Fuerza de concordancia por prueba de Kappa (k) entre el patrón de referencia y la Tanita® SC-331 en ambos sexos	49
16.6	Número de sujetos ubicados en cada cuadrante del físico corporal del patrón propuesto por Tanita® SC-331 vs patrón de referencia	49

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Ejemplos de los biotipos propuestos. (a) Endomorfia, (b) mesomorfia y (c) ectomorfia	5
2	Somatotipo de jugadores de Waterpolo de élite en categoría	6
3	Somatograma ponderado de un fisicoculturista de 35 años de edad con desarrollada parte superior del cuerpo	8
4	Gráfico de Hattori para la clasificación del físico corporal en relación a la masa magra y masa libre de grasa. Datos de sujetos varones universitarios de 19 – 22 años	9
5	Gráfico para la clasificación del físico corporal en relación a la masa magra y masa libre de grasa, para sujetos universitarios. Las líneas añadidas representan porcentaje de grasa e IMC	10
6	Ticket de resultados: Body Composition Analyzer SC-331	12
7	Clasificación del físico corporal en relación a la masa magra y masa libre de grasa	12
8	Diagrama general de procedimientos	24
9	Puntos ROI delimitando área del tronco en evaluación de cuerpo completo por DXA con Software <i>enCORE 2007</i> ®	25
10	Diagrama de procedimientos para la validación del patrón de referencia basado en el porcentaje de grasa corporal e índice de masa muscular	30
11	Ticket de resultados Body Composition Analyzer SC-331. Manuales de IBE de Tanita®.	30
12.1	Patrón de referencia del físico corporal para hombres. La categorización del índice de masa libre de grasa e índice de masa grasa se clasifica en tres subgrupos que dan como resultado nueve cuadrantes de físico corporal.	36
12.2	Patrón de referencia del físico corporal para mujeres. La	37

	categorización del índice de masa libre de grasa e índice de masa grasa se clasifica en tres subgrupos que dan como resultado nueve cuadrantes de físico corporal.	
12.3	Patrón de referencia del físico corporal para hombres. La categorización del índice de masa muscular e índice de masa grasa se clasifica en tres subgrupos que dan como resultado nueve cuadrantes de físico corporal.	38
12.4	Patrón de referencia del físico corporal para mujeres. La categorización del índice de masa muscular e índice de masa grasa se clasifica en tres subgrupos que dan como resultado nueve cuadrantes de físico corporal.	39
12.5	Patrón de referencia del físico corporal para hombres. La categorización del índice de masa muscular apendicular e índice de masa grasa se clasifica en tres subgrupos que dan como resultado nueve cuadrantes de físico corporal.	40
12.6	Patrón de referencia del físico corporal para mujeres. La categorización del índice de masa muscular apendicular e índice de masa grasa se clasifica en tres subgrupos que dan como resultado nueve cuadrantes de físico corporal.	41
13.1	Gráfico de composición corporal para hombres construido por DXA. Dispersión de los 99 sujetos de la muestra de validación.	44
13.2	Gráfico de composición corporal para mujeres construido por DXA. Dispersión de los 136 sujetos de la muestra de validación	45

LISTA DE SÍMBOLOS/ABREVIATURAS

Nomenclatura	Significado
MG	Masa grasa, kg
MLG	Masa libre de grasa, kg
MM	Masa muscular, kg
MMA	Masa muscular apendicular, kg
CMO	Contenido mineral óseo, kg
IMG	Índice de masa grasa, kg/m ²
IMLG	Índice de masa libre de grasa, kg/m ²
IMM	Índice de masa muscular, kg/m ²
IMMA	Índice de masa muscular apendicular, kg/m ²
%GC	Porcentaje de grasa corporal
DXA	Densitometría Dual de rayos X
ROI	Regiones de interés
IBE	Impedancia bioeléctrica
AIMMA	Alto índice de masa muscular apendicular, kg/m ²
BIMMA	Bajo índice de masa muscular apendicular, kg/m ²
DE	Desviación estándar
DMO	Densidad mineral ósea, g/cm ²
IMC	Índice de masa muscular, kg/m ²
MMB	Masa muscular de los brazos, kg
MMP	Masa muscular de las piernas, kg
SPB	Somatograma Ponderado de Behnke
K	Estadístico de Kappa

1. RESUMEN

Introducción: Los métodos vigentes para clasificar el físico corporal son: 1) Método de Heath-Carter; 2) Somatograma Ponderado; 3) Método Hattori. Sólo éste último clasifica el físico corporal basado en la relación del índice de masa grasa (IMG; $MG/talla^2$) e índice de masa libre de grasa (IMLG; $MLG/talla^2$) en 9 biotipos diferentes. Actualmente no hay un patrón que clasifique el físico corporal y su proporcionalidad basado en la relación de la masa grasa y masa magra en adultos jóvenes mexicanos. **Objetivo:** Capítulo 1: Desarrollar un patrón de referencia para clasificar el físico corporal basado en la relación de masa magra y masa grasa por DXA, en población Mexicana de 19 a 30 años. Capítulo 2: Validar el físico corporal proporcionado por el equipo Tanita® Body Composition Analyzer SC-331 comparado con un patrón de referencia específico basado en masa magra y masa grasa para sujetos de 19 – 30 años. **Método:** Capítulo 1: Se obtuvo la masa magra (MM), masa grasa (MG), el contenido mineral óseo y la masa muscular apendicular (MMA) de 200 hombres y 518 mujeres por DXA para el cálculo de los índices de composición corporal: IMLG, IMG, índice de masa muscular apendicular (IMMA) e índice de masa muscular (IMM). Se construyeron los patrones de cada índice basados en ± 1 desviación estándar (DE) para clasificar y describir el físico corporal. Capítulo 2: Se obtuvo el porcentaje de grasa corporal por región (%GC) de 99 hombres y 136 mujeres de 19 – 30 años. Se construyeron patrones basados en ± 1 DE usando como ejes el %GC y el IMM y se observó la concordancia de la clasificación que proporciona un equipo de impedancia bioeléctrica (IBE) contra la clasificación por el patrón propuesto por la prueba de Kappa (k). **Resultados:** Capítulo 1: Se obtuvo el promedio (± 1 DE) del IMG, IMLG, IMM e IMMA y se establecieron los puntos de corte por sexo para definir 9 categorías en 6 gráficos. Capítulo 2: La concordancia entre el físico corporal proporcionado por el equipo de IBE y el patrón de referencia fue moderada en hombres (0.510) y suficiente en mujeres (0.335). **Discusión:** Capítulo 1: los patrones desarrollados basados en diferentes combinaciones de índices de composición corporal podrían utilizarse para observar y comparar las

diferencias en la composición corporal entre diferentes grupos étnicos, seguir los cambios de la masa magra y masa grasa de acuerdo con la edad, evaluar el predominio de los diferentes tejidos corporales y proponer estrategias que disminuyan el riesgo al desarrollo de enfermedades asociadas a la relación de masa grasa o masa magra baja, o bien, podrían utilizarse para caracterizar los rasgos de composición corporal en diversos atletas de élite. Capítulo 2: el manual del usuario de Tanita® no especifica la población de referencia empleada para clasificar el biotipo. Esto podría explicar la moderada y suficiente concordancia observada. La diferencia en la clasificación del físico corporal entre ambos métodos podría ser debida al equipo de IBE utilizado para la evaluación de la composición corporal. Se sabe que las estimaciones de grasa y masa libre de grasa no suelen ser exactas cuando se comparan con DXA. **Conclusión:** Capítulo 1: se desarrollaron diferentes combinaciones patrones de referencia preliminares para clasificar el físico corporal para ambos sexos: IMG vs IMLG, IMG vs IMM, e IMG vs IMMA. Capítulo 2: de acuerdo a los valores de k obtenidos ($k= 0.510$, en hombres), y ($k=0.335$, en mujeres), la Tanita® SC-331 no es válida para clasificar el físico corporal en un grupo de adultos jóvenes.

2. DEFINICIONES

Biotipo: forma física del cuerpo humano definida por factores como formación ósea y masa muscular, determinada a partir de la anchura y profundidad esquelética¹.

Compleción: forma y estructura del cuerpo basada en la evaluación de tres componentes: muscularidad, linealidad, adiposidad².

Físico corporal: forma física determinada por diversos factores, tales como el metabolismo, constitución ósea, masa muscular y grasa corporal¹.

Índice de masa grasa: medida cuantitativa del componente adiposo corporal expresada en kg/m^2 , que comprende todos los lípidos contenidos en el cuerpo³.

Índice de masa libre de grasa: medida cuantitativa del componente no adiposo corporal. Éste comprende: agua, proteínas y minerales óseos y no óseos (kg/m^2)³.

Somatograma ponderado: método para la valoración de la forma y tamaño corporal a partir de circunferencias. Discrimina entre componentes musculares y adiposos⁴.

Somatotipo: cuantificación de la forma y composición corporal actual del cuerpo humano⁵.

Método Hattori: Método para graficar la composición corporal como una medida cuantitativa, basado en el índice de masa libre de grasa e índice de masa grasa³.

3. INTRODUCCIÓN

El físico corporal hace referencia a la forma física determinada por diversos factores tales como el metabolismo, constitución ósea, masa muscular y grasa corporal¹. Existen diversos métodos para la clasificación del biotipo, entre los cuales podemos destacar 3: método de Heath-Carter, Somatograma de Behnke, y la grafica de composición propuesta por Hattori. A continuación se enunciarán las ventajas, limitantes y campos de aplicación de los 3 principales métodos para la clasificación del físico corporal.

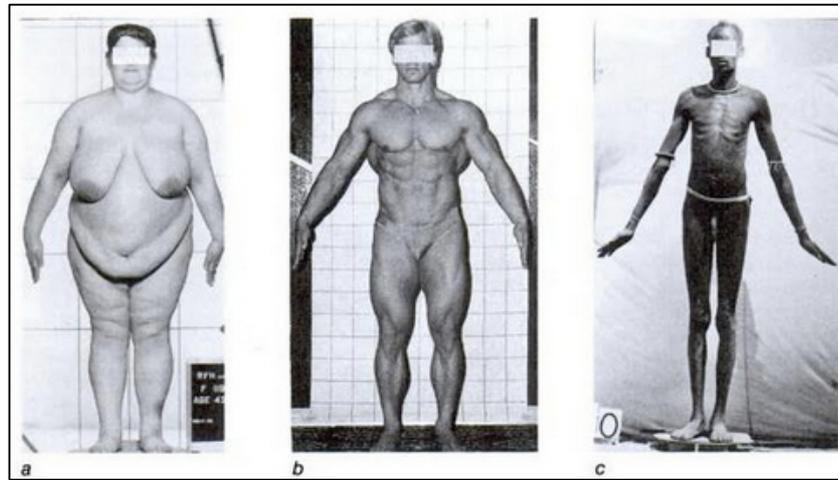
4. ANTECEDENTES

4.1 Método de Heath-Carter (1967).

Este método está basado en el somatotipo de Sheldon (1940)¹, y cuantifica los componentes que determinan la estructura morfológica de un individuo en endomorfia, mesomorfia y ectomorfia⁶. El componente de la endomorfia representa la adiposidad relativa de la estructura corporal. El componente mesomórfico refleja el desarrollo músculo-esquelético relativo por unidad de talla y expresa relativamente la masa magra o masa libre de grasa puesto que hace hincapié en la masa muscular y esquelética. El componente de la ectomorfia representa linealidad o delgadez de la estructura corporal, además describe aspectos físicos como la extensión, o bien, la fragilidad de las extremidades⁷ (Figura 1). En el método Heath-Carter se hace uso del triángulo de Franz Reuleaux (Figura 2) para la representación gráfica del somatotipo^{8,9}.

El somatotipo no se compone de un solo factor, es resultado de los tres componentes y se clasifican en relación a la presencia de los tres. Éstos expresan las variaciones de la forma y composición del cuerpo humano y sus partes². Existe una secuencia estándar, siendo endo-meso y ectomorfia. Es la técnica más usada recientemente y usa la talla, peso, pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, suprailíaco), perímetro de bíceps contraído con el codo en flexión en 90⁰, y los diámetros de húmero y fémur. A partir de esto, se emplean 3 ecuaciones propuestas por Carter (1985). El resultado se

expresa en tres números que se separan por guiones y que representan los componentes endomórfico, mesomórfico y ectomórfico¹.



Endomorfa Mesomorfa Ectomorfa

Figura 1 .Ejemplos de los biotipos propuestos. (a) Endomorfa, (b) mesomorfa y (c) ectomorfa según Somatotipo de Heath-Carter. Ackland. 2003.¹⁰.

El método de Heath-Carter ha sido usado ampliamente en la selección de individuos con capacidades físicas específicas para diferentes deportes. Está claro que hay características que resultan adecuadas para diferentes disciplinas, lo cual supone un mejor desempeño en un deporte en particular¹⁰. Además, ha resultado de utilidad para valorar los cambios en el crecimiento, durante el envejecimiento, así como también condiciones específicas como entrenamientos deportivos y nutrición¹¹.

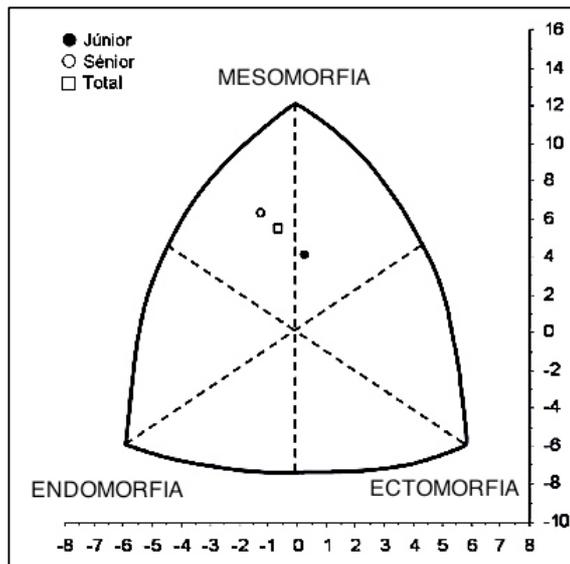


Figura 2 . Somatotipo de jugadores de Waterpolo de élite en categoría. 2010. La categoría Junior se sitúa en mesomorfia balanceada y la categoría Senior se sitúa en un somatotipo de endo-mesomorfia. Vila Suárez, M. et al. ¹².

Ventajas

- El Somatotipo de Heath-Carter, puede también ser utilizado como una herramienta de análisis de la imagen corporal¹¹.

Limitantes

- El método Heath-Carter da un panorama general del somatotipo y no brinda datos precisos acerca de la distribución de tejidos y segmentos corporales^{8,9}.
- La tabla en que el método Heath-Carter se apoya para hacer la clasificación del tipo corporal en el rubro de la mesomorfia, no toma en cuenta entre sus variables valores para sujetos pequeños o con un tamaño corporal grande superior (niños o levantadores de pesas)⁵.

- La clasificación se puede ver sesgada por una medición incorrecta de los pliegues cutáneos, o bien de los perímetros o diámetros utilizados para el análisis².

4.2 Somatograma Ponderado de Behnke (SPB).

El somatograma Ponderado de Behnke describe la forma del cuerpo expresado en desviaciones porcentuales a partir de un sujeto de referencia, siendo derivadas de adultos jóvenes y militares. El SPB se basa en la medida de varias combinaciones de circunferencias corporales y medidas de amplitud del hueso, debido a que éstas presentan cambios en la masa grasa, masa muscular, y el tamaño de los huesos¹. Además, este método determina la proporcionalidad corporal, es decir, provee una apreciación visual de la simetría de un individuo con respecto a un grupo de referencia. También, por medio de este método es posible graficar tanto el lado izquierdo como el derecho para la simetría. Esto podría ser particularmente de utilidad para dar seguimientos a atletas en rehabilitación¹.

El SPB evalúa la composición corporal con la medida de 12 circunferencias; 6 de ellas evalúan el componente muscular (hombro, tórax, bíceps, antebrazo, muslo, pantorrilla), y las seis restantes evalúan el componente adiposo (abdomen, cadera, rodilla, muñeca y tobillo)¹⁰ (Figura 3). La medida del abdomen se realiza al nivel natural de la cintura y en la parte más estrecha del torso. Esta división entre las circunferencias que definen al componente muscular y adiposo se propuso por la sobreestimación de la masa muscular. Behnke y Wimore (1959), sugieren que la comparación del cuerpo total con respecto a un sujeto de referencia no detalla el predominio de músculo o grasa corporal⁴.

El gráfico puede tener variedad de aplicaciones, por ejemplo: para evaluar los cambios corporales con la edad, describir las características morfológicas y anatómicas en ambos sexos, describir deportistas, y representar cambios en la forma del cuerpo en el proceso de envejecimiento⁴. En el SPB, las circunferencias medidas son convertidas a

valores ponderales equivalentes de peso. La matriz de cada circunferencia que separa los componentes musculares y no musculares se expresa como equivalentes de masa^{13, 14, 15}.

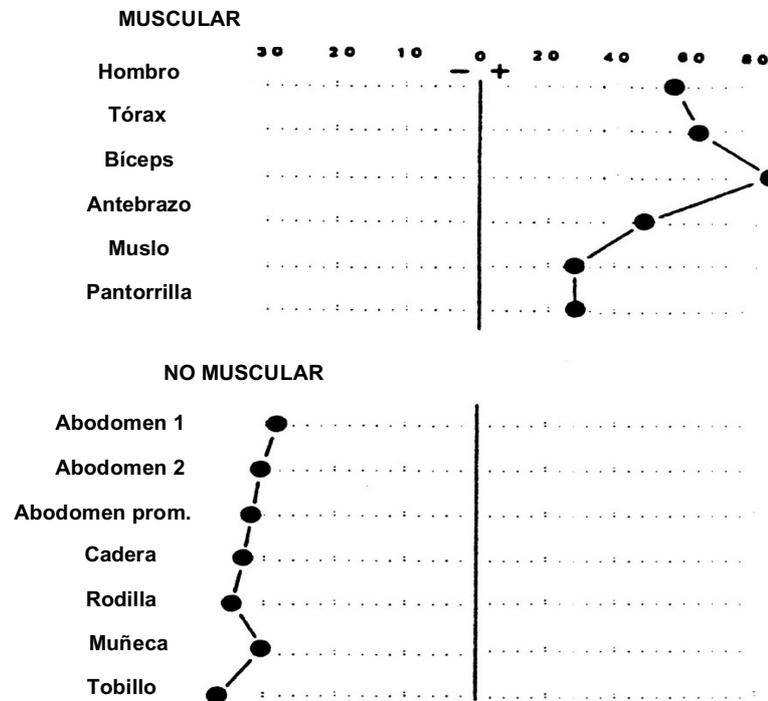


Figura 3. Somatograma ponderado de un fisicoculturista de 35 años de edad con desarrollada parte superior del cuerpo, Behnke, A., Katch, F., Katch., V. 1987⁴.

Ventajas

- El SP permite estimar tanto el componente adiposo como muscular por separado evitando así sobreestimar alguno de los dos componentes⁴.
- Puede evaluar tanto a adolescentes de diferente tamaño corporal como a individuos con obesidad o sin ella⁴.

Limitantes

- En el método del SP parece no haber una relación establecida entre el peso corporal de un individuo y los equivalentes ponderales de las circunferencias tomadas en cuenta para la evaluación⁴. Es decir, que los componentes musculares y adiposos expresados en equivalentes, no guardan relación con

el peso del sujeto y los componentes pueden ser sobre o subestimados.

4.3 Método de Hattori.

A partir de la premisa de la variabilidad de la masa libre de grasa con respecto a la estatura^{3,16,17}, Hattori propone la clasificación del biotipo en nueve tipos de físico corporal diferentes (Figura 4). El método se basa en el cálculo de índice de masa libre de grasa (IMLG) e índice de masa grasa (IMG). Ambos índices son calculados a partir de la relación entre la MLG o MG como numerador y la altura al cuadrado^{18,19}. Tanto el IMLG como el IMG se ubican en cada eje de la gráfica para obtener una clasificación de la proporcionalidad de los principales componentes de composición corporal (MG y MLG) (Figura 5)³.

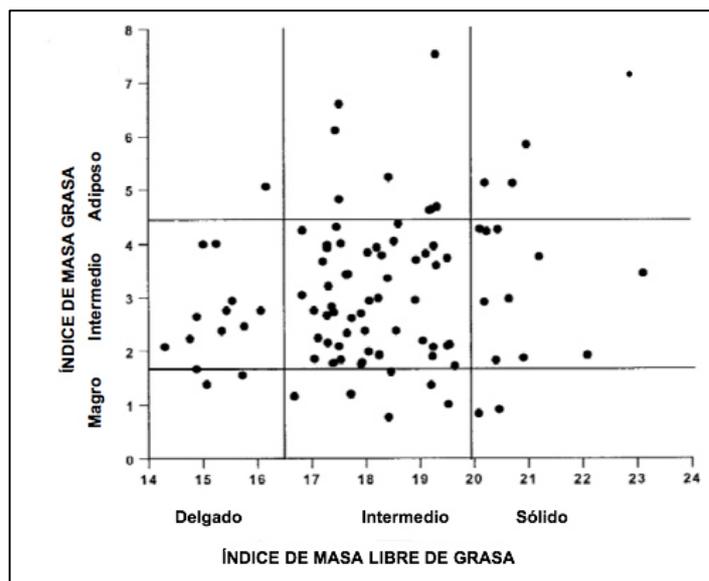


Figura 4. Gráfico de Hattori para la clasificación del físico corporal en relación a la masa magra y masa libre de grasa. Datos de sujetos varones universitarios de 19 – 22 años. Hattori, K. 1997³.

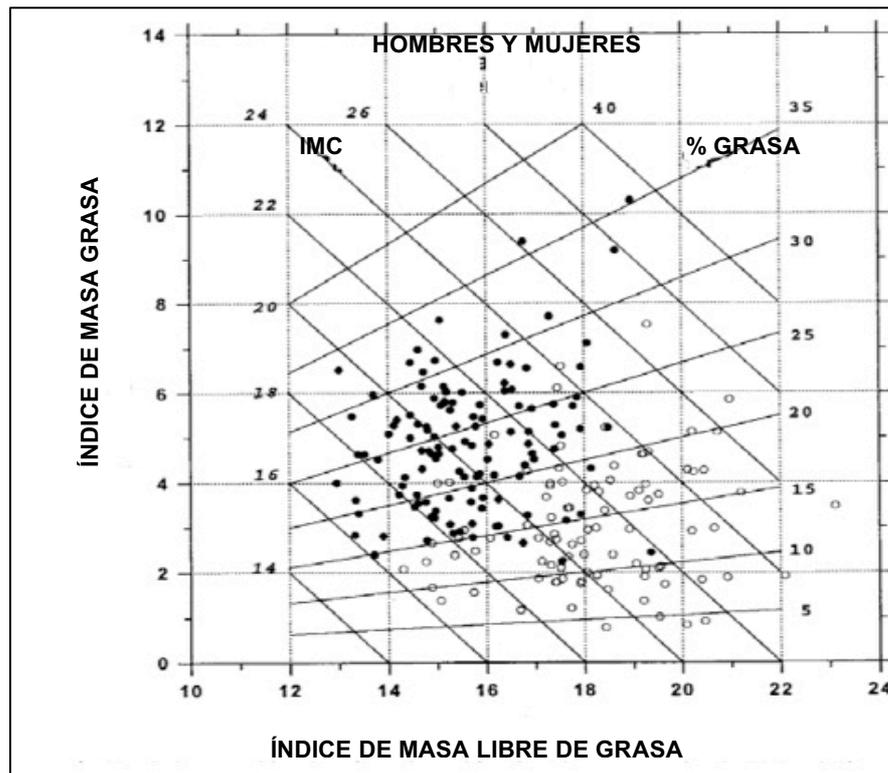


Figura 5. Gráfico para la clasificación del físico corporal en relación a la masa magra y masa libre de grasa, para sujetos universitarios. Las líneas añadidas representan porcentaje de grasa e IMC. Hattori, K. 1997³.

La representación gráfica de la composición corporal basada en el IMLG e IMG aparece en respuesta a índices como IMC, que clasifican el cuerpo en diferentes tamaños corporales sin contemplar el factor de adiposidad en relación con la masa magra.

Ventajas

- Distingue entre diversas cifras de IMC con porcentajes de grasa variantes³.

El método Hattori puede ser utilizado para la descripción de la composición corporal en niños, atletas en de diversas en enfermedades o condiciones si se usan patrones específicos^{20,21,22}.

- Pueden graficarse componentes como masa ósea vs. masa grasa, o bien, masa muscular vs. masa ósea.

Desventajas

- La composición corporal es cambiante de acuerdo al estadio de crecimiento en que se encuentre el sujeto puesto a evaluación²³. Se requieren gráficas específicas por sexo y edad en menores de 19 años de las cuales aun no hay propuestas.
- También se requiere desarrollar patrones específicos para atletas y diversas enfermedades.

Validación del físico corporal obtenido con un equipo de Tanita® contra un patrón de referencia basado en DXA en adultos.

Los equipos de Tanita® proporcionan en el ticket de resultados un físico corporal basado en el método de Hattori (Figura 6)²⁴. Es decir, poseen en su software un patrón de nueve biotipos a partir del cual se evalúa la relación del índice de masa muscular en función del porcentaje de grasa corporal para monitorear la evolución o clasificar a un paciente (Tabla 1, Figura 7)²⁵.

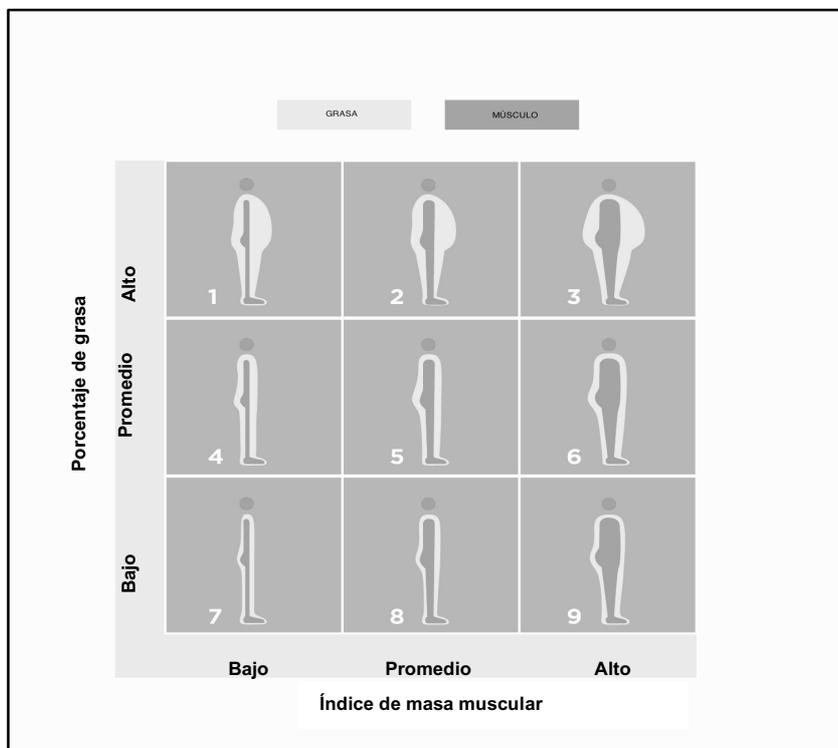


Figura 7. Clasificación del físico corporal en relación a la masa magra y masa libre de grasa²⁵. Modificado de los Manuales de Impedancia bioeléctrica (IBE) de Tanita®, y del estudio de Hattori, 1997.

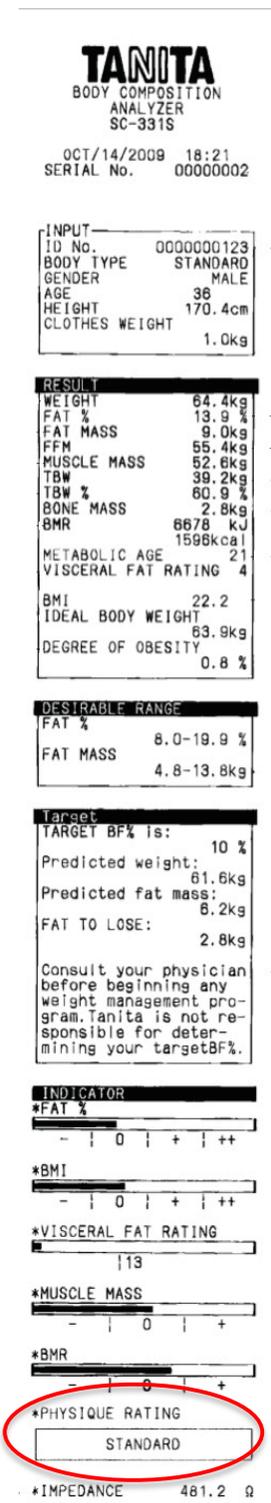


Figura 6. Ticket de resultados de un analizador de composición corporal Tanita SC-331. Manuales de IBE de Tanita®²⁴.

Los manuales de Tanita® no especifican las características demográficas ni antropométricas de la población utilizada para la construcción del patrón contenido en los equipos de impedancia bioeléctrica. Por lo tanto, se desconoce la población de referencia empleada y si es posible clasificar a diferentes grupos étnicos indistintamente.

Los usuarios de los equipos de IBE asumen que la clasificación del físico corporal es exacta. No obstante se desconoce la validez científica del físico corporal de estos equipos vs un patrón de referencia específico para una población.^{26, 27, 28}.

En general, la validación de la composición corporal de los equipos de IBE se realiza comparando la media del %GC o MG contra un estándar de referencia. En este estudio validamos la clasificación del físico corporal en 9 cuadrantes con el equipo de IBE Tanita® contra una clasificación obtenida usando un patrón de referencia de adultos jóvenes basado en DXA.

Tabla 1. Clasificación del físico corporal en relación al índice de masa muscular y porcentaje de grasa corporal. Modificado de los Manuales de IBE de Tanita®²⁵.

Cuadrante	Complexión física	Explicación (Physique rating)
1	Preobeso	Obeso con contextura pequeña. En apariencia podría no parecer con sobrepeso. No obstante tiene un índice alto de grasa corporal con masa muscular baja.
2	Obeso	Obeso con contextura mediana. Alto porcentaje de grasa corporal, nivel de masa muscular moderado.
3	Robusto	Obeso con contextura grande. Alto porcentaje de grasa corporal y masa muscular que el promedio.
4	Falta de ejercicio	Masa grasa promedio y masa muscular baja. Índice de grasa corporal promedio y masa muscular baja.
5	Estándar	Masa muscular promedio y porcentaje de grasa corporal promedio. Índice de grasa corporal y muscular apropiados.
6	Musculoso estándar	Masa muscular alta y porcentaje de grasa corporal promedio (atleta). Masa muscular alta y porcentaje de grasa promedio.
7	Delgado	Masa muscular baja y grasa corporal baja. Un índice de masa muscular bajo y de grasa corporal también.
8	Delgado y musculoso	Delgado y musculoso (atleta). Índice de grasa corporal bajo y masa muscular adecuada.
9	Muy musculoso	Muy musculoso (adecuado). Índice de grasa corporal bajo y masa muscular muy por arriba del de una persona promedio.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Aún cuando existen métodos para clasificar el físico corporal, sólo el método de Hattori permite clasificar la proporcionalidad basado en la relación de masa magra y masa grasa, pero no se cuenta con un patrón de referencia ni datos del biotipo mexicano en el grupo de edad de adulto joven.

6. JUSTIFICACIÓN

Es necesario disponer de patrones de clasificación específicos por grupo étnico^{1,29}. Al grupo de edad de 19 a 30 años se le atribuye la cualidad de haber alcanzado la maduración física máxima de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS)^{21,30}. Así, el desarrollo de un patrón de referencia que considere la MLG y MG con el método Hattori basado en densitometría dual de rayos X (DXA), podría suponer beneficios en los siguientes ámbitos.

6.1 Privado

- Durante un régimen alimenticio restrictivo con pérdida de peso, la mayor parte de éste corresponde a la MLG. El nuevo patrón de referencia permitirá valorar los cambios en el componente adiposo y de la MLG para evaluar el predominio de cada uno. Además, evaluar la terapia correcta para mantener en equilibrio ambos componentes corporales^{31,32}.

- Abordaje en trastornos de la conducta alimentaria.

En pacientes con *anorexia nerviosa* se conoce que durante la recuperación del peso, hay un mayor depósito de grasa en el tronco. Por lo tanto, el patrón de referencia tendría impacto en el seguimiento de la ganancia de masa grasa en el paciente³³.

6.2 Público

Estudios en poblacionales.

La relación entre la MLG y MG está asociada a factores de riesgo para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares en adultos³³. El desarrollo de un patrón específico permitirá determinar el exceso de grasa corporal y clasificar la frecuencia de un físico dominante o con relación a enfermedades cardiovasculares. Además, en estudios de intervención, podría evaluarse de forma efectiva el impacto sobre la masa magra y no sólo la masa grasa.

6.3 Clínico

El valor del patrón de referencia permitirá evaluar la disminución en tejido magro y mineral óseo y el tejido adiposo. Estos cambios están asociados a la aparición de enfermedades crónicas, tales como la obesidad, patologías cardiovasculares, o bien, esteatosis hepática^{33,34}.

Las características metabólicas, antropométricas y de composición corporal, pueden también encasillar a los sujetos con obesidad en 3 fenotipos diferentes, el patrón permitirá afinar la clasificación de los siguientes pacientes:

- Obeso metabólicamente sano: paciente con IMC fuera de los límites normales y con adiposidad incrementada pero sin factores de riesgo a la salud³⁵.
- Peso normal y metabólicamente obeso: paciente que presenta un IMC normal y con factores de riesgo propios del síndrome metabólico. Presenta un porcentaje de grasa alto y su tejido adiposo tiene una distribución mayor en la región visceral³⁶.
- Peso normal con obesidad: presentan IMC dentro de los valores normales pero altos porcentajes de grasa. No tiene síntomas de síndrome metabólico, pero podrían presentar alteraciones del perfil lipídico, con el riesgo a desarrollar enfermedades relacionadas a la obesidad³⁷.

Tratamiento de pacientes con lesiones térmicas.

En esta situación de catabolismo, hay una demanda de aminoácidos del músculo como respuesta a la necesidad de recuperar el tejido dañado. La pérdida de masa muscular en individuos con quemaduras podría ser monitoreado con el nuevo patrón³⁸.

6.4 Deportivo

El desempeño de atletas en diversas disciplinas deportivas está afectado tanto por el peso como por la composición corporal. Estos factores tienen efecto directo sobre la fuerza, agilidad, desempeño, poder y velocidad del atleta. Por ejemplo, en disciplinas en las que se involucren lanzamientos o halterofilia, la masa muscular debe de predominar en la forma física, puesto que se traduce en mayor fuerza. Por otra parte, en disciplinas como gimnasia, maratones y salto de longitud, se requiere mayor velocidad que se asocia a un menor peso y bajo nivel de adiposidad³⁹. El patrón de referencia en el área deportiva permitirá monitorear la composición corporal y realizar intervenciones para mantener, elevar o disminuir el componente ya sea adiposo o magro.

7. OBJETIVO GENERAL (CAPÍTULO I)

Desarrollar un patrón de referencia para clasificar el físico corporal y su proporcionalidad basado en la relación de masa magra y masa grasa por DXA, en población Mexicana de 19 – 30 años.

7.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Obtener con Densitometría dual de rayos X (DXA) los índices de composición de los adultos jóvenes contenidos en la base de datos:
 - Índice de masa libre de grasa (IMLG)
 - Índice de masa grasa (IMG)
 - Índice de masa muscular total (IMM)
 - Índice de masa muscular apendicular (IMMA)
2. Establecer los puntos de corte para cada uno de los índices basados en ± 1 DE.
3. Construir el patrón de referencia para establecer los 9 tipos de físico corporal y su proporcionalidad con el método Hattori (IMG-IMLG, IMG-IMM e IMG-IMMA).

8. OBJETIVO GENERAL (CAPÍTULO II)

Validar del físico corporal obtenido con un equipo Tanita® contra un patrón de referencia basado en DXA en adultos.

8.1 OBJETIVO ESPECÍFICO

1. Comparar el físico corporal obtenido con el equipo Tanita® SC-331 vs el obtenido con un patrón de referencia basado en el IMM y el %GC en una submuestra de sujetos adultos jóvenes.

9. METODOLOGÍA

9.1 Tipo de estudio

Estudio observacional de corte transversal para estadificación de la composición corporal⁴⁰.

9.2 Universo de Estudio

Adulto joven.

9.3 Población de estudio

Desarrollo de un patrón de referencia para clasificar el físico corporal y su proporcionalidad basado en la relación de masa magra y masa grasa

718 adultos jóvenes de 19 a 30 años (200 hombres y 518 mujeres).

Validación del físico corporal obtenido con un equipo de Tanita® contra un patrón de referencia basado en DXA en adultos.

235 adultos jóvenes de 19 a 30 años (136 mujeres y 99 hombres)

9.4 Criterios de inclusión

Sujetos de 19 a 30 años, ambos sexos y quienes tengan medidas completas de composición corporal por DXA.

9.5 Técnica muestral

No probabilística (base de datos)⁴¹.

Tabla 2. Operacionalización de variables

Variable	Índice	Definición operacional	Unidad de Medida	Escala de Medida	Tipo	Indicador	Instrumentos	
Índice de Masa libre de grasa (IMLG).	Magro	Indicador del estado nutricional calculado a partir de la sumatoria componente muscular y el contenido mineral óseo, normalizado por la talla al cuadrado.	kg/m ²	Cuantitativa continua	Independiente	Esbelto: -1DE Intermedio: media Sólido: +1DE	DXA	
	Contenido mineral óseo (CMO)						DXA	
	Talla						Estadiómetro	
Índice de masa grasa (IMG).	Grasa	Indicador de la adiposidad del cuerpo calculado tomando el componente de la masa grasa dividido por la talla al cuadrado.	kg/m ²	Cuantitativa continua	Independiente	Magro: -1DE Intermedio: media Adiposo: +1DE	DXA	
	Talla						Estadiómetro	
Índice de masa muscular (IMM).	Magro	Masa muscular contenida en kg, normalizada por la talla al cuadrado.	kg/m ²	Cuantitativa continua	Independiente	Bajo: -1DE Promedio: Media Alto: -1DE	DXA	
	Talla						Estadiómetro	
Índice de masa muscular apendicular (IMMA).	Magro total de los brazos y piernas	Índice que contempla la musculatura en brazos y piernas expresada en kg por la talla al cuadrado.	kg/m ²	Cuantitativa continua	Independiente	Índice de masa muscular apendicular debajo del promedio: -1DE Índice de masa muscular apendicular promedio: Media Índice de masa muscular apendicular arriba del promedio: +1DE	DXA	
	Talla						Estadiómetro	
Físico Corporal	IMG/IMLG	Forma física determinada por la constitución ósea, metabolismo, masa muscular y grasa corporal			Dependiente	Físico corporal 1.- Adiposo esbelto 2.- Adiposo Intermedio 3.- Adiposo sólido 4.- Intermedio esbelto 5.- Estándar 6.- Intermedio sólido 7.- Magro esbelto 8.- Magro intermedio 9.- Magro sólido		
	IMG/IMM						Físico corporal 1.- Adiposo con índice de masa muscular bajo 2.- Adiposo índice de masa muscular promedio 3.- Adiposo con índice de masa muscular alto 4.- Intermedio con índice de masa muscular bajo 5.- Estándar 6.- Intermedio con índice de masa muscular alto 7.- Magro con índice de masa muscular bajo 8.- Magro con musculatura promedio 9.- Magro con musculatura arriba del promedio	
	IMG/IMMA						Físico corporal 1.- Adiposo con índice de masa muscular apendicular bajo 2.- Adiposo con índice de masa muscular	

					apendicular promedio 3.- Adiposo con índice de masa muscular apendicular alto 4.-Intermedio con índice masa muscular apendicular bajo 5.-Estándar 6.-Intermedio con índice de masa muscular apendicular alto 7.-Magro con índice de masa muscular apendicular bajo 8.- Magro con índice de masa muscular apendicular promedio 9.- Magro con índice de masa muscular apendicular alto	
	%GC/IMM				Físico corporal 1.- Preobeso – Porcentaje de grasa alto con IMM bajo 2.- Obeso – Porcentaje de grasa alto con IMM promedio 3.- Robusto – Porcentaje de grasa alto con IMM alto 4.- Falta de ejercicio – Porcentaje de grasa promedio – IMM bajo 5.- Estándar – Porcentaje de grasa promedio con IMM promedio 6.- Musculoso estándar – Porcentaje de grasa con IMM alto 7.- Delgado – Porcentaje de grasa bajo con IMM bajo 8.- Delgado y musculoso – Porcentaje de grasa bajo con IMM promedio 9.- Muy musculoso – Porcentaje de grasa bajo con IMM alto	

9.6 Instrumentos para la recolección de Información

Absorciometría dual de rayos X (DXA)

Método para la determinación de la composición corporal no invasivo. Diseñado para predecir el riesgo actual o futuro a fracturas, midiendo la densidad mineral ósea (DMO) e indirectamente la MG total y MLG.

La DXA divide al cuerpo en tres compartimentos: MG, MLG y contenido mineral óseo (CMO). La medición de cada uno se realiza a partir de dos haces de rayos X de energía que oscilan entre 40 keV y 70keV atraviesan al cuerpo. Basado en el principio de atenuación, la DXA calcula la composición corporal. La DXA no hace tres mediciones independientes de MG, CMO, y MLG, sino que la MG y la MM se discriminan mediante procesos matemáticos^{30,42}:

Para la cuantificación de cada compartimento es preciso el correcto posicionamiento de las regiones de interés (ROI). Los puntos ROI son una serie de vértices especificados por el usuario para delimitar ciertos cálculos de composición dentro de las regiones seleccionadas^{43,44}.

9.7 Estrategia general (Capítulo I)

Desarrollo de un patrón de referencia para clasificar el físico corporal y su proporcionalidad basado en la relación de masa magra y masa grasa por DXA, en población Mexicana de 19 – 30 años.

Para desarrollar el primer objetivo general se siguió la estrategia que aparece en la figura 8.

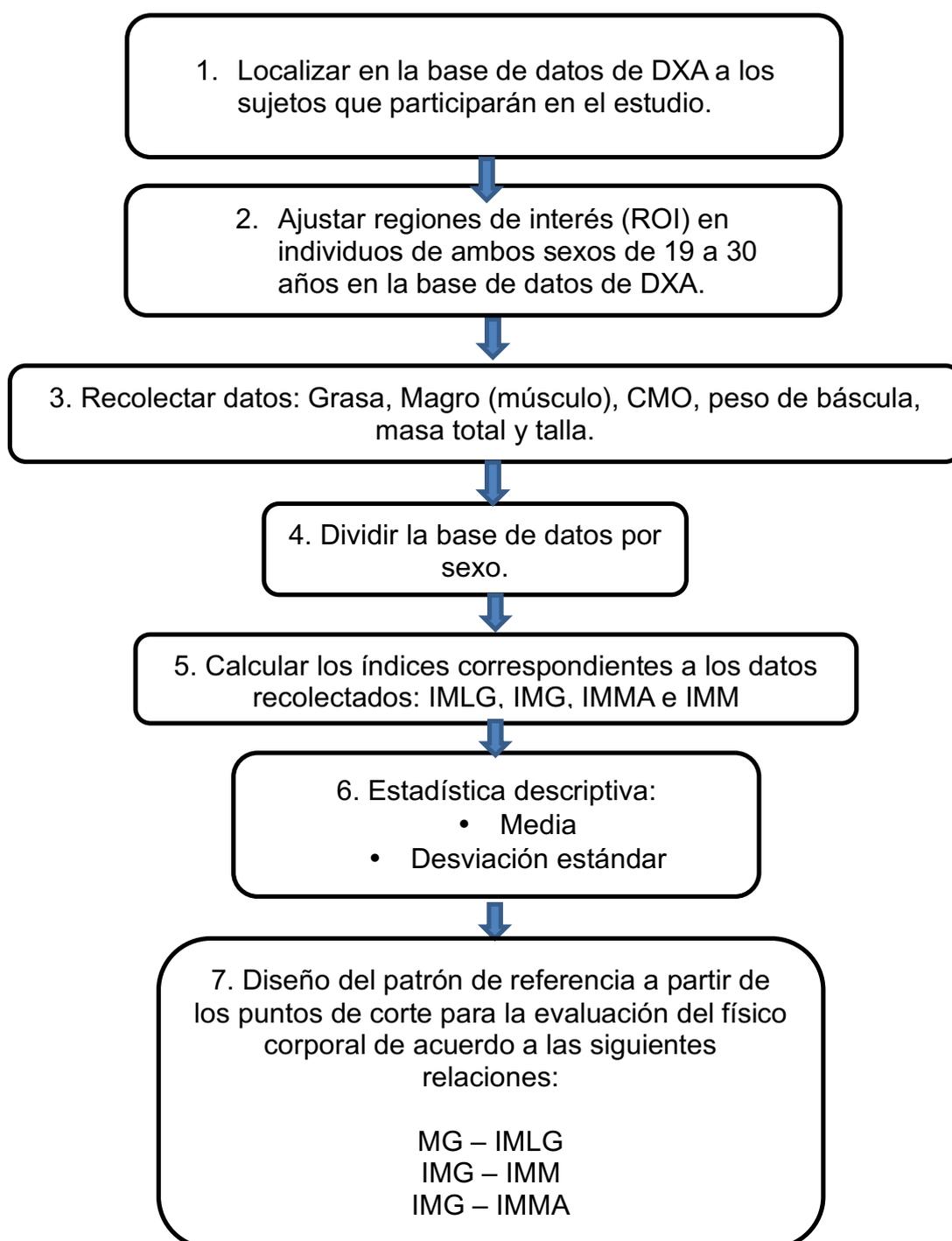


Figura 8. Diagrama general de procedimientos.

1. Ajuste de regiones de interés (ROI).

Previo a la recolección de los datos de utilidad para la construcción del patrón de referencia fue necesario ajustar los puntos ROI en el Software *enCORE2007® versión 11.40.004*, del equipo de Absorciometría dual de rayos X *Lunar Prodigy Advanced* (Figura 9). Esto con el fin de cuantificar los componentes corporales con mayor exactitud para cada individuo en la edad de 19-30 años en la base de datos del equipo³⁰.

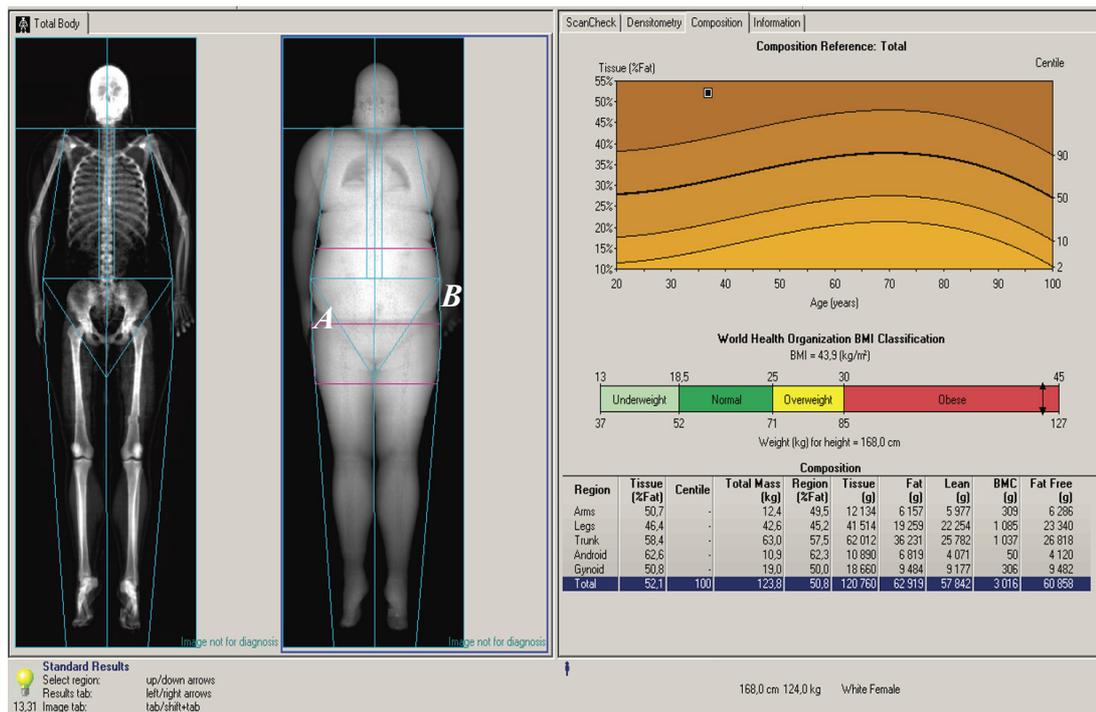


Figura 9. Puntos ROI delimitando área del tronco (A y B) en evaluación de cuerpo completo por DXA con Software *enCORE 2007®*. GE® HealthCare⁴⁵.

2.- Recolección de datos

En una hoja de Microsoft® Excel, Versión 15.18. se recolectaron los datos demográficos, físicos del paciente (nombre, fecha de nacimiento, edad, fecha de medición), peso y talla. También se vaciaron los datos de composición corporal de tejido/cuerpo total: masa total (kg), región% (grasa total contemplando hueso), grasa (kg), magro (kg), CMO (kg), MLG (kg). Además, se recolectaron otros datos como cifras de peso y talla. Los datos requeridos para la construcción de la base de datos pertenecen a los expedientes electrónicos contenidos en el laboratorio de composición corporal de FaSPyN, UANL.

3.- Dividir la base de datos por sexo

Para la realización de dos patrones de referencia, los datos recopilados del software se dividieron por sexo.

4.- Calcular los índices correspondientes a los datos recolectados

Se calcularon los índices de composición corporal normalizados por la talla para una mejor estimación de la composición corporal, haciendo uso de las ecuaciones propuestas:

- Índice de masa libre de grasa (IMG)

$$\text{IMG} = \text{Masa grasa (kg)} / \text{talla (m)}^2$$

En donde la masa grasa corresponde a la grasa en kg obtenida a partir del análisis por la DXA³.

- Índice de masa libre de grasa (IMLG)

$$\text{IMLG} = \text{Masa libre de grasa (kg)} / \text{talla (m)}^2$$

En donde la masa libre de grasa es calculada a partir de la sumatoria del contenido mineral óseo y magro de la DXA.

- Índice de masa muscular

$$\text{IMM} = \text{Magro} / \text{talla (m)}^2$$

En donde magro corresponde al contenido magro (músculo) en kg recuperado de la base de datos de la DXA.

- Índice de masa muscular apendicular

$$\text{IMMA} = \text{Magro de Brazo y piernas} / \text{talla (m)}^2$$

En donde la masa muscular apendicular es calculada a partir de la sumatoria del tejido muscular de brazos y piernas obtenidas por DXA⁴⁶.

9.3 Plan de análisis estadístico

Posterior al cálculo de los índices correspondientes, las cifras de IMLG, IMG, IMM, IMMA de la base datos fueron sometidas a la detección de outliers a partir de dos métodos estadísticos:

- Gráficos de dispersión

La evaluación visual de los datos de los índices, se realizó a partir de gráficos de dispersión, tomando en consideración para la corrección, la inclusión o exclusión todas aquellas observaciones fuera del grupo de datos (Microsoft® Excel).

- Prueba de Tukey

Posterior a esto, la base de datos se evaluó nuevamente, haciendo uso de la prueba de Tukey, para la determinación de valores atípicos (MedCalc®)⁴⁷. De ésta manera se corroboraron los datos extremos con la base de datos de la DXA, y se corrigieron las observaciones con errores al momento de la recolección para asegurar la calidad de los datos. Una vez terminada la depuración de la base de datos, se procedió a calcular los índices IMG, IMLG, IMM, IMMA con datos fidedignos, con las ecuaciones pertinentes.

Estadística descriptiva

Se determinó la estadística descriptiva; media, desviación estándar (DE), máximos y mínimos⁴⁸.

5.- Construcción del patrón de referencia

Se estableció el punto de corte superior (+1DE), y de igual manera, se restó el mismo valor de la DE a la media, para marcar el punto de corte inferior (-1DE), definiendo así los puntos de corte para el patrón de referencia^{3,18}.

6.- Patrón de referencia

Tomando como punto de partida el método establecido por Hattori (1991), se colocaron en cada eje del histograma las variables antes mencionadas. El IMLG en el eje X, y en el eje Y el IMG. Con la media y $\pm 1DE$ se fijaron los puntos de corte en cada eje en el gráfico, que generaron los 9 cuadrantes para cada tipo de físico corporal (Tabla 3 y 4)^{3,18,49}.

Tabla 3. Categorización del nivel de masa libre de grasa de acuerdo al índice de masa libre de grasa³.

-1DE	Media	+1DE
Esbelto	Intermedio	Sólido

Abreviaturas: DE: desviación estándar

Tabla 4. Categorización del nivel de masa grasa de acuerdo al índice de masa grasa³.

-1DE	Media	+1DE
Magro	Intermedio	Adiposo

Abreviaturas: DE: desviación estándar

Siguiendo la misma metodología descrita para fijar los puntos de corte, se desarrollaron patrones de referencias combinando el IMMA e IMM, con el IMG (Tabla 5 y 6).

Tabla 5. Categorización del nivel de masa muscular de acuerdo al índice de masa muscular.

-1DE	Media	+1DE
Bajo	Intermedio	Alto

Abreviaturas: DE: desviación estándar

Tabla 6. Categorización del nivel de la masa muscular apendicular de acuerdo al índice de masa muscular apendicular.

-1DE	Media	+1DE
Bajo	Intermedio	Alto

Abreviaturas: DE: desviación estándar

9.8 Estrategia general (capítulo II)

Validación del físico corporal obtenido con un equipo Tanita® contra un patrón de referencia basado en DXA en adultos.

En la figura 10 se muestra la estrategia utilizada para el cumplimiento del objetivo general del segundo capítulo.

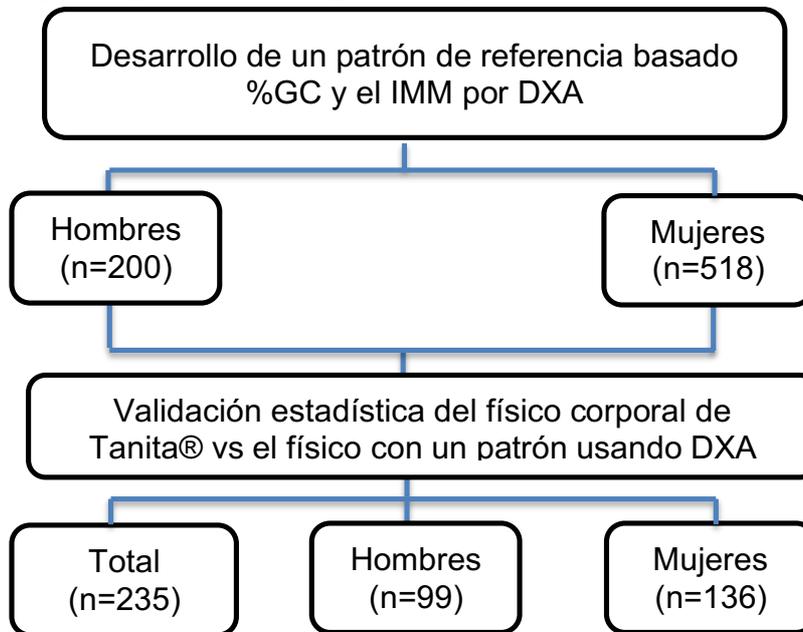


Figura 10. Diagrama de procedimientos para la validación del patrón de referencia basado en el porcentaje de grasa corporal e índice de masa muscular. Abreviaturas: %GC: Porcentaje de grasa corporal; IMM: Índice de masa muscular.

Para la validación, primero se desarrolló un patrón referencia que utilizó como ejes el %GC e IMM con DXA (n=718). El patrón se desarrolló con los mismos procedimientos descritos en el capítulo 1. Posteriormente, los sujetos de una submuestra (n=235) se clasificaron con el patrón propuesto y se compararon con el equipo de impedancia Tanita® SC-331S. El ticket que proporciona la Tanita® brinda una clasificación del físico corporal que relaciona el %GC e IMM en 9 cuadrantes (Figura 11). Se asume que la clasificación está basada en ± 1 DE de una muestra de sujetos no especificada en el manual de usuario (Tabla 7).

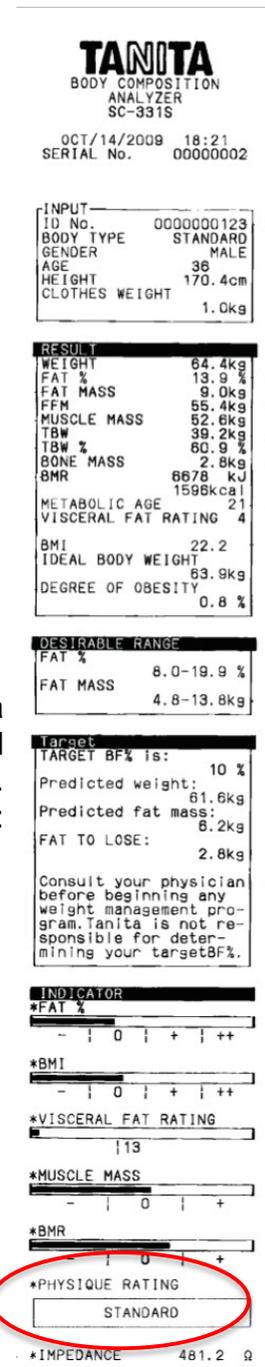


Figura 11. Ticket de resultados la Tanita® SC-331S²⁴.

Tabla 7. Clasificación del físico corporal en relación al índice de masa muscular y porcentaje de grasa corporal. Manuales de Impedancia Bioeléctrica de Tanita®²⁵.

Cuadrante	Complejión física	Explicación (Physique rating)
1	Preobeso	Obeso con contextura pequeña. En apariencia podría no parecer con sobrepeso. No obstante tiene un índice alto de grasa corporal con masa muscular baja
2	Obeso	Obeso con contextura mediana. Alto porcentaje de grasa corporal, nivel de masa muscular moderado.
3	Robusto	Obeso con contextura grande. Alto porcentaje de grasa corporal y masa muscular que el promedio.
4	Falta de ejercicio	Masa grasa y masa muscular promedio. Índice de grasa corporal promedio y masa muscular baja.
5	Estándar	Masa muscular promedio y porcentaje de grasa corporal promedio. Índice de grasa corporal y muscular apropiados.
6	Musculoso estándar	Masa muscular alta y porcentaje de grasa corporal promedio (atleta). Masa muscular alta y porcentaje de grasa promedio.
7	Delgado	Masa muscular baja y grasa corporal baja. Un índice de masa muscular bajo y de grasa corporal también.
8	Delgado y musculoso	Delgado y musculoso (atleta). Índice de grasa corporal bajo y masa muscular adecuada.
9	Muy musculoso	Muy musculoso (adecuado). Índice de grasa corporal bajo y masa muscular muy por arriba del de una persona promedio.

El acuerdo entre la clasificación del físico corporal del patrón de referencia obtenido con DXA y el sugerido por el equipo SC-331S se analizó la prueba de Kappa (K). Kappa evalúa la fuerza de concordancia entre 2 medidas en un mismo sujeto. La interpretación de este valor se realizó de acuerdo a la clasificación descrita por Altman, 1991⁵⁰ (Tabla 8):

Tabla 8. Interpretación de valor estadístico *K*.

Valor de K	Fuerza de concordancia
<0.20	Mala
0.21 – 0.40	Suficiente
0.41 – 0.60	Moderada
0.61 – 0.80	Buena
0.81 – 1.00	Muy buena

Modificado de Practical Statistics for Medical Research, Altman, 1991⁵⁰.

10. RESULTADOS

10.1 Capítulo I

Desarrollo de un patrón de referencia para clasificar el físico corporal y su proporcionalidad basado en la relación de masa magra y masa grasa por DXA, en población Mexicana de 19 – 30 años.

Se determinó la estadística descriptiva de los datos demográficos por sexo y de composición corporal (Tabla 9).

Tabla 9. Características físicas y de composición corporal de los sujetos del estudio por sexo.

Variable	Hombres (n=200)		Mujeres (n=518)	
	Media	DE	Media	DE
Edad, años	25.7	2.9	24.8	2.6
Peso, kg	77.1	15.2	56.8	9.0
Talla, m	1.7	0.1	1.6	0.1
IMC, kg/m ²	25.3	4.4	22.1	3.2
%GC, %*	23.1	9.3	33.5	7.4
CMO, kg	3.1	0.6	2.3	0.3
Grasa, kg	18.7	10.2	19.5	7.1
Magro, kg**	55.2	8.6	35.0	3.8
MLG, kg***	58.4	9.1	37.3	4.0
MMB, kg	7.0	1.6	3.4	0.5
MMP, kg	19.4	3.3	12.2	1.7
MMA, kg	26.4	4.7	15.6	2.1
IMG, kg/m ²	6.2	3.3	7.6	2.7
IMLG, kg/m ²	19.1	2.1	14.5	1.2
IMM, kg/m ²	18.1	2.0	13.6	1.2
IMMA, kg/m ²	8.6	1.1	6.1	0.7

Abreviaturas: DE: Desviación estándar; IMC: índice de masa corporal, kg/m²; %GC: porcentaje de grasa corporal por región; MLG: Masa libre de grasa, kg; MMB: masa muscular de los brazos, kg; MMP: masa muscular de las piernas, kg; MMA: masa muscular apendicular, kg; IMG: índice de masa grasa, kg/m²; IMLG: índice de masa libre de grasa, kg/m²; IMM: índice de masa muscular, kg/m²; IMMA: índice de masa muscular apendicular, kg/m². Nota: *%GC región, DXA; **Magro sin contenido mineral óseo (CMO); ***Magro incluyendo contenido mineral óseo.

Los nueve cuadrantes para definir el físico corporal se establecieron con los puntos de corte basados en ± 1 DE de los índices de composición corporal según la metodología Hattori (Tabla 10.1–10.4). En las figuras 12.1–12.6 se muestran los seis gráficos de los patrones de referencia propuestos. En las tablas 11.1–11.6 se muestra el físico corporal correspondiente a cada uno de los 9 cuadrantes de cada patrón de referencia.

Tabla 10.1. Categorización del nivel de masa libre de grasa basado en el índice de masa libre de grasa

	Esbelto	Intermedio	Sólido
Hombres	<17.0	17.0–21.2	>21.2
Mujeres	<13.3	13.3–15.8	>15.8

Nota: Hombres, n= 200; Mujeres n=518.

Tabla 10.2. Categorización del nivel de masa grasa basado en el índice de masa de grasa

	Magro	Intermedio	Adiposo
Hombres	<2.8	2.8–9.5	>9.5
Mujeres	<4.9	4.9–10.3	>10.3

Nota: Hombres, n= 200; Mujeres n=518.

Tabla 10.3. Categorización del nivel de masa muscular basado en el índice de masa muscular

	Bajo	Intermedio	Alto
Hombres	<16.1	16.1–20.1	>20.1
Mujeres	<12.4	12.4–14.8	>14.8

Nota: Hombres, n= 200; Mujeres n=518.

Tabla 10.4. Categorización del nivel de masa muscular apendicular basado en el índice de masa muscular apendicular.

	Bajo	Intermedio	Alto
Hombres	<7.5	7.5–9.7	>9.7
Mujeres	<5.4	5.4–6.7	>6.7

Nota: Hombres, n= 200; Mujeres n=518.

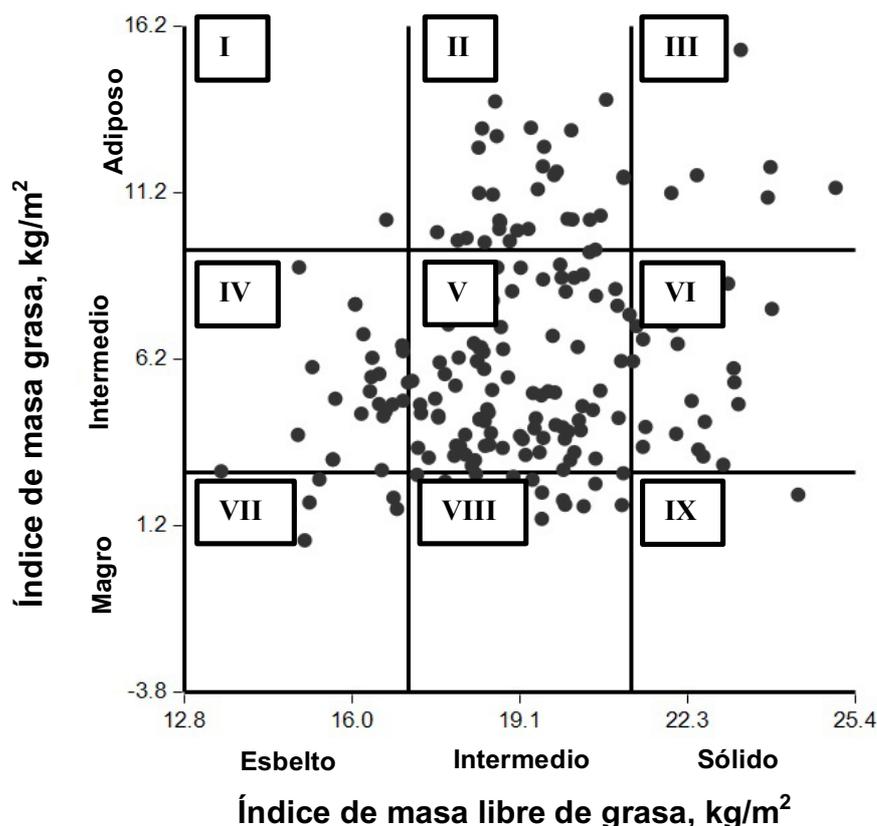


Figura 12.1. Patrón de referencia del físico corporal para hombres. La categorización del índice de masa libre de grasa e índice de masa grasa se clasifica en tres subgrupos cada uno que dan como resultado nueve cuadrantes de físico corporal.

Tabla 11.1. Descripción del físico corporal en nueve cuadrantes basados IMG vs IMLG.

Cuadrante	Físico corporal	Corte	
		X	Y
I	Adiposo esbelto	<17.0	>9.5
II	Adiposo intermedio	17.0-21.2	>9.5
III	Adiposo sólido	>21.2	>9.5
IV	Intermedio esbelto	<17.0	2.8–9.5
V	Estándar	17.0–21.2	2.8–9.5
VI	Intermedio sólido	>21.2	2.8–9.5
VII	Magro esbelto	<17.0	<2.8
VIII	Magro intermedio	17.0–21.2	<2.8
IX	Magro sólido	>21.2	<2.8

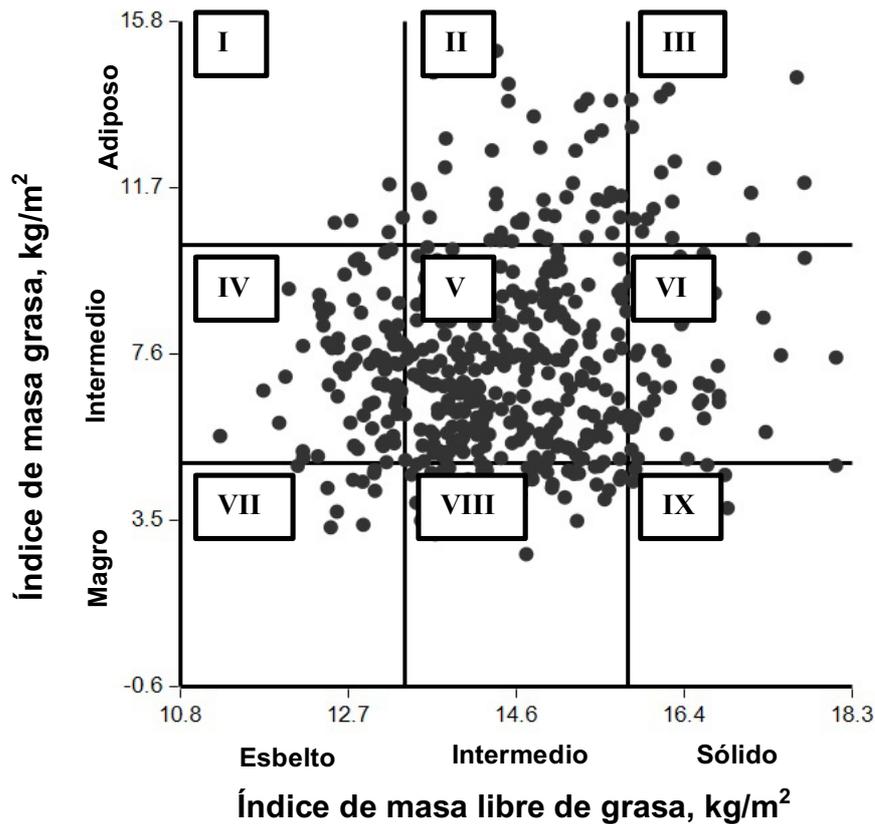


Figura 12.2. Patrón de referencia del físico corporal para mujeres. La categorización del índice de masa libre de grasa e índice de masa grasa se clasifica en tres subgrupos cada uno que dan como resultado nueve cuadrantes de físico corporal.

Tabla 11.2. Descripción del físico corporal en nueve cuadrantes basados IMG vs IMLG.

Cuadrante	Físico corporal	Corte	
		X	Y
I	Adiposo esbelto	<13.3	>10.3
II	Adiposo intermedio	13.3–15.8	>10.3
III	Adiposo sólido	>15.8	>10.3
IV	Intermedio esbelto	<13.3	4.9–10.3
V	Estándar	13.3–15.8	4.9–10.3
VI	Intermedio sólido	>15.8	4.9–10.3
VII	Magro esbelto	<13.3	<4.9
VIII	Magro intermedio	13.3–15.8	<4.9
IX	Magro sólido	>15.8	<4.9

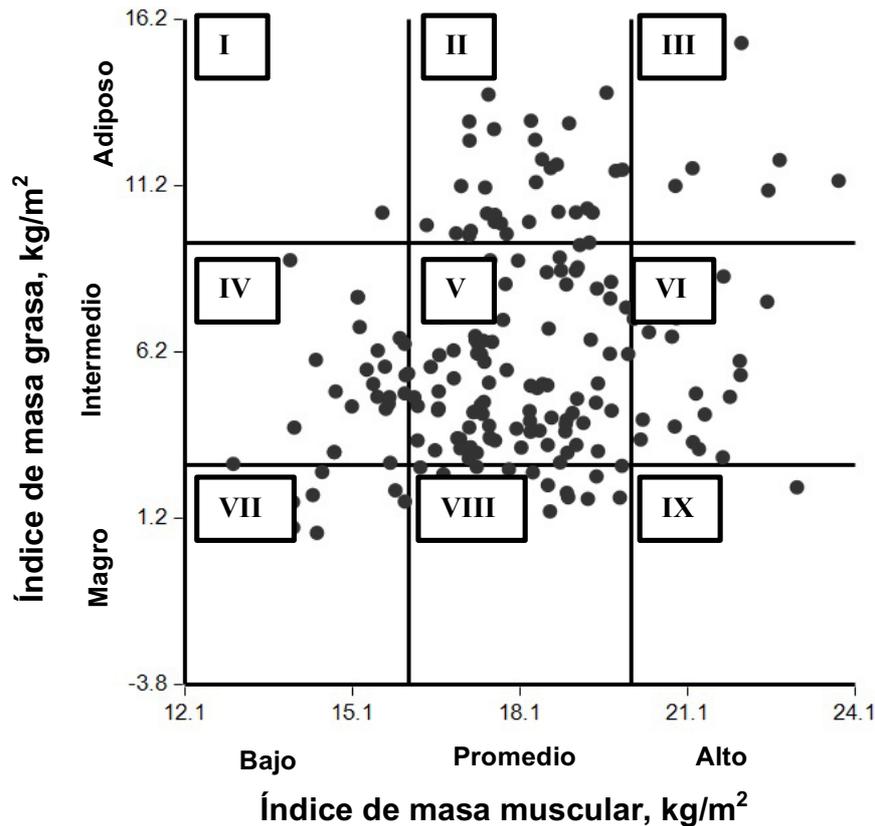


Figura 12.3. Patrón de referencia del físico corporal para hombres. La categorización del índice de masa muscular e índice de masa grasa se clasifica en tres subgrupos cada uno que dan como resultado nueve cuadrantes de físico corporal.

Tabla 11.3. Descripción del físico corporal en nueve cuadrantes basados IMG vs IMM.

Cuadrante	Físico corporal	Corte	
		X	Y
I	Adiposo con índice de masa muscular bajo	<16.1	>9.5
II	Adiposo con índice de masa muscular promedio	16.1–20.1	>9.5
III	Adiposo con índice de masa muscular alto	>20.1	>9.5
IV	Intermedio con índice de masa muscular bajo	<16.1	2.8–9.5
V	Estándar	16.1–20.1	2.8–9.5
VI	Intermedio con índice de masa muscular alto	>20.1	2.8–9.5
VII	Magro con índice de masa muscular bajo	<16.1	<2.8
VIII	Magro con índice de masa muscular promedio	16.1–20.1	<2.8
IX	Magro con índice de masa muscular alto	>20.1	<2.8

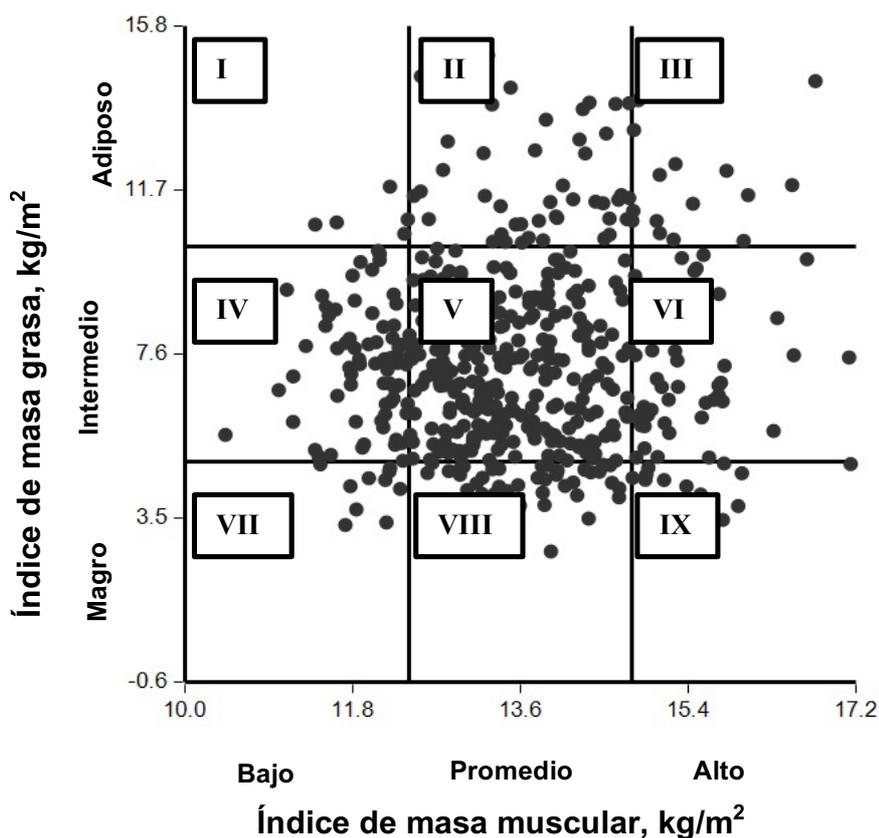


Figura 12.4. Patrón de referencia del físico corporal para mujeres. La categorización del índice de masa muscular e índice de masa grasa se clasifica en tres subgrupos cada uno que dan como resultado nueve cuadrantes de físico corporal.

Tabla 11.4. Descripción del físico corporal en nueve cuadrantes basados IMG vs IMM.

Cuadrante	Físico corporal	Corte	
		X	Y
I	Adiposo con índice de masa muscular bajo	<12.4	>10.3
II	Adiposo con índice de masa muscular promedio	12.4–14.8	>10.3
III	Adiposo con índice de masa muscular alto	>14.8	>10.3
IV	Intermedio con índice de masa muscular bajo	<12.4	4.9–10.3
V	Estándar	12.4–14.8	4.9–10.3
VI	Intermedio con índice de masa muscular alto	>14.8	4.9–10.3
VII	Magro con índice de masa muscular bajo	<12.4	<4.9
VIII	Magro con índice de masa muscular promedio	12.4–14.8	<4.9
IX	Magro con índice de masa muscular alto	>14.8	<4.9

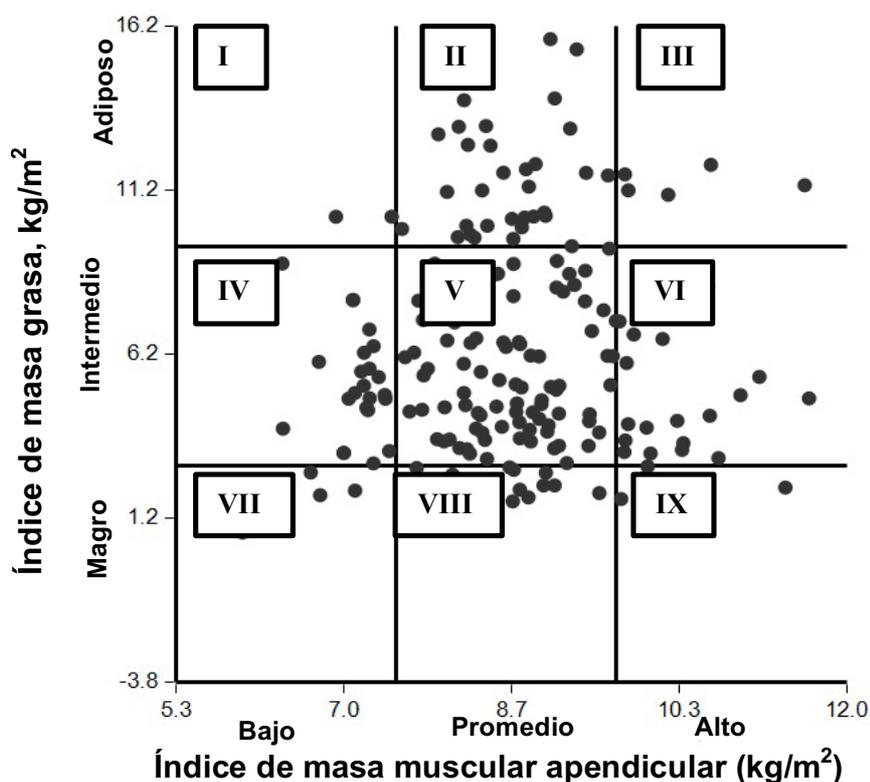


Figura 12.5. Patrón de referencia del físico corporal para hombres. La categorización del índice de masa muscular apendicular e índice de masa grasa se clasifica en tres subgrupos cada uno que dan como resultado nueve cuadrantes de físico corporal.

Tabla 11.5. Descripción del físico corporal en nueve cuadrantes basados IMG vs IMMA.

Cuadrante	Físico corporal	Corte	
		X	Y
I	Adiposo con índice de masa muscular apendicular bajo	<7.5	>9.5
II	Adiposo con índice de masa muscular apendicular promedio	7.5–9.7	>9.5
III	Adiposo con índice de masa muscular apendicular alto	>9.7	>9.5
IV	Intermedio con índice de masa muscular apendicular bajo	<7.5	2.8–9.5
V	Estándar	7.5–9.7	2.8–9.5
VI	Intermedio con índice de masa muscular apendicular alto	>9.7	2.8–9.5
VII	Magro con índice de masa muscular apendicular bajo	<7.5	<2.8
VIII	Magro con índice de masa muscular apendicular promedio	7.5–9.7	<2.8
IX	Magro con índice de masa muscular apendicular alto	>9.7	<2.8

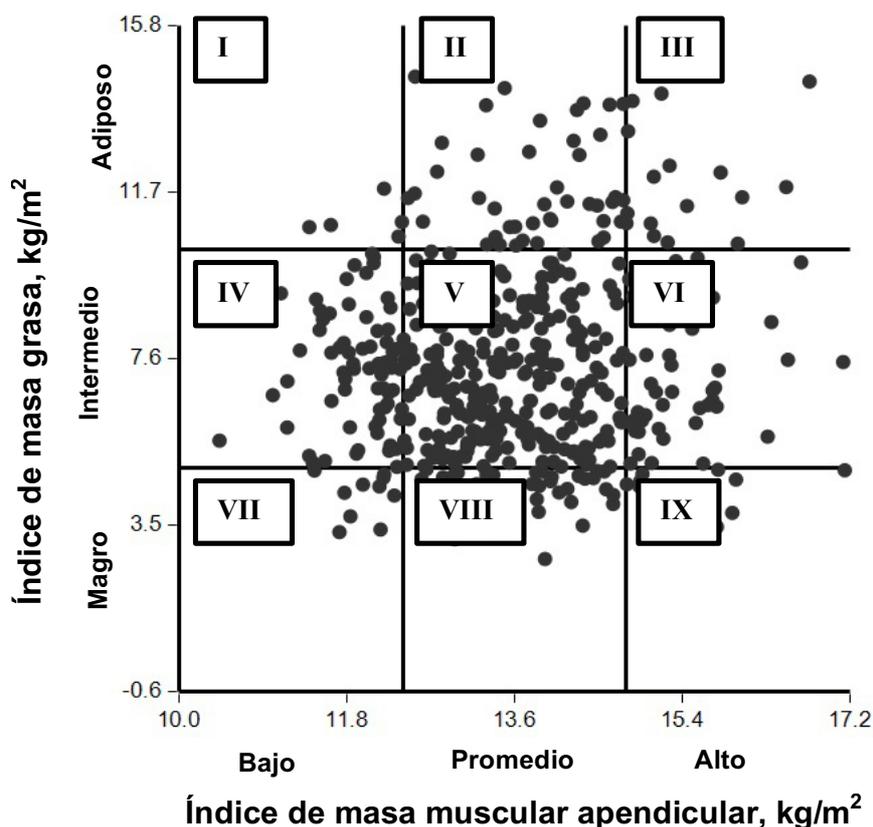


Figura 12.6. Patrón de referencia del físico corporal para mujeres. La categorización del índice de masa muscular apendicular e índice de masa grasa se clasifica en tres subgrupos cada uno que dan como resultado nueve cuadrantes de físico corporal.

Tabla 11.6. Descripción del físico corporal en nueve cuadrantes basados IMG vs IMMA.

Cuadrante	Físico corporal	Corte	
		X	Y
I	Adiposo con índice de masa muscular apendicular bajo	<5.4	>10.3
II	Adiposo con índice de masa muscular apendicular promedio	5.4–6.7	>10.3
III	Adiposo con índice de masa muscular apendicular alto	>6.7	>10.3
IV	Intermedio con índice de masa muscular apendicular bajo	<5.4	4.9–10.3
V	Estándar	5.4–6.7	4.9–10.3
VI	Intermedio con índice de masa muscular apendicular alto	>6.7	4.9–10.3
VII	Magro con índice de masa muscular apendicular bajo	<5.4	<4.9
VIII	Magro con índice de masa muscular apendicular promedio	5.4–6.7	<4.9
IX	Magro con índice de masa muscular apendicular alto	>6.7	<4.9

10.2 Capítulo II

Validación del físico corporal obtenido con un equipo Tanita® contra un patrón de referencia basado en DXA en adultos.

Desarrollo de un patrón de referencia para el físico corporal basado en el porcentaje de grasa corporal y el índice de masa muscular.

Se desarrolló un patrón de referencia del físico corporal para la relación del %GC respecto al IMM. Los datos de composición corporal obtenidos por DXA en la muestra de referencia (n=718) se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12. Características de composición corporal de la muestra de referencia para desarrollo del patrón basado en %GC e IMM.

Variable	Muestra de referencia (n=718)	
	Media	DE
%GC	30.7	9.2
Magro	40.5	10.6
IMM	14.8	2.5

Abreviaturas: DE: Desviación estándar; %GC: porcentaje de grasa corporal por región; Magro: Magro sin hueso, kg; IMM: índice de masa muscular, kg/m².

A partir de la media y ± 1 DE del %GC e IMM se establecieron los puntos de corte para definir el físico corporal siguiendo la nomenclatura sugerida por Tanita® SC-331 (Tabla 13.1–13.2). Para el desarrollo del patrón de referencia de validación por sexo, se empleó la misma metodología que para los patrones descritos en el capítulo anterior. En las figuras 13.1–13.2 se muestran los patrones de referencia para hombres (n=200) y mujeres (n=518) de acuerdo a la muestra de referencia (n=718). En las Tablas 14.1–14.2 se muestra el físico corporal correspondiente a cada uno de los 9 cuadrantes de cada patrón de referencia por sexo

Tabla 13.1. Categorización del nivel de grasa corporal basado en el porcentaje de grasa corporal de una muestra de 718 sujetos evaluados con DXA.

	Bajo	Promedio	Alto
Hombres	<13.9	13.9–32.4	>32.4
Mujeres	<26.2	26.2–40.9	>40.9

Nota: Hombres, n=200; mujeres, n=518.

Tabla 13.2. Categorización del nivel masa muscular basado en el índice de masa muscular de una muestra de 718 sujetos evaluados con DXA.

	Bajo	Promedio	Alto
Hombres	<16.0	16.0–20.1	>20.1
Mujeres	<12.4	12.4–14.8	>14.8

Nota: Hombres, n=200; mujeres, n=518.

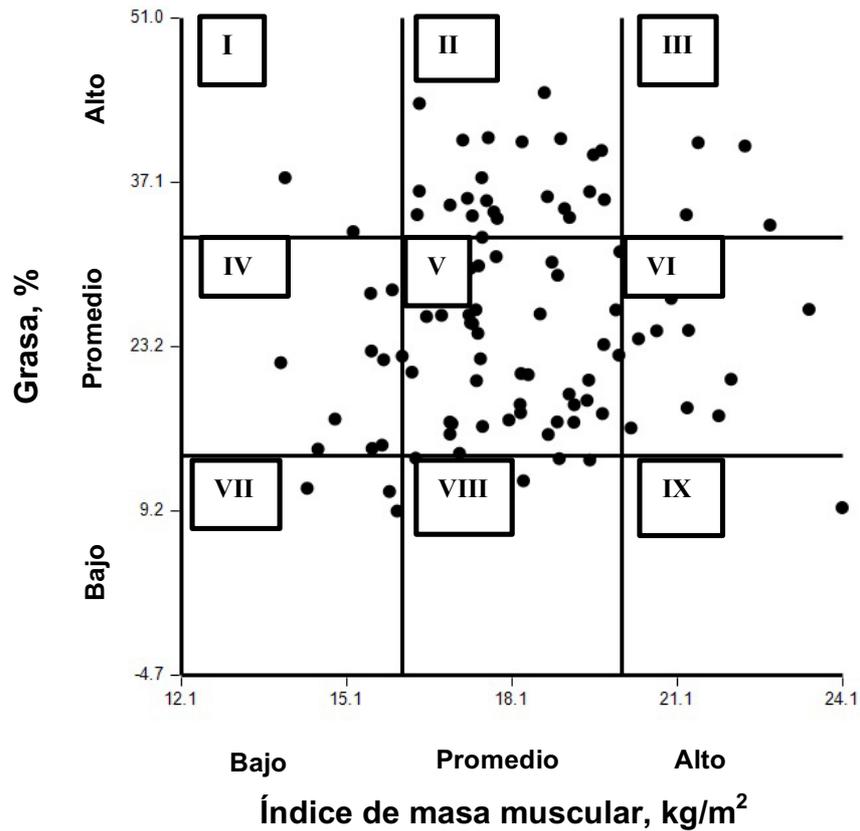


Figura 13.1. Gráfico de físico corporal de la relación del %GC y el IMM construido a partir de una muestra de referencia de 99 sujetos evaluados con DXA. Los puntos representan la dispersión de los sujetos empleados para la prueba de validación.

Tabla 14.1. Descripción del físico corporal de hombres en nueve cuadrantes basados %GC vs IMM (n=99).

Cuadrante	Físico corporal	Corte	
		X	Y
I	Preobeso	<16.1	>32.4
II	Obeso	16.1–20.1	>32.4
III	Robusto	>20.1	>32.4
IV	Falta de ejercicio	<16.1	13.9–32.4
V	Estándar	16.1–20.1	13.9–32.4
VI	Musculoso estándar	>20.1	13.9–32.4
VII	Delgado	<16.1	<13.9
VIII	Delgado y musculoso	16.1–20.1	<13.9
IX	Muy musculoso	>20.1	<13.9

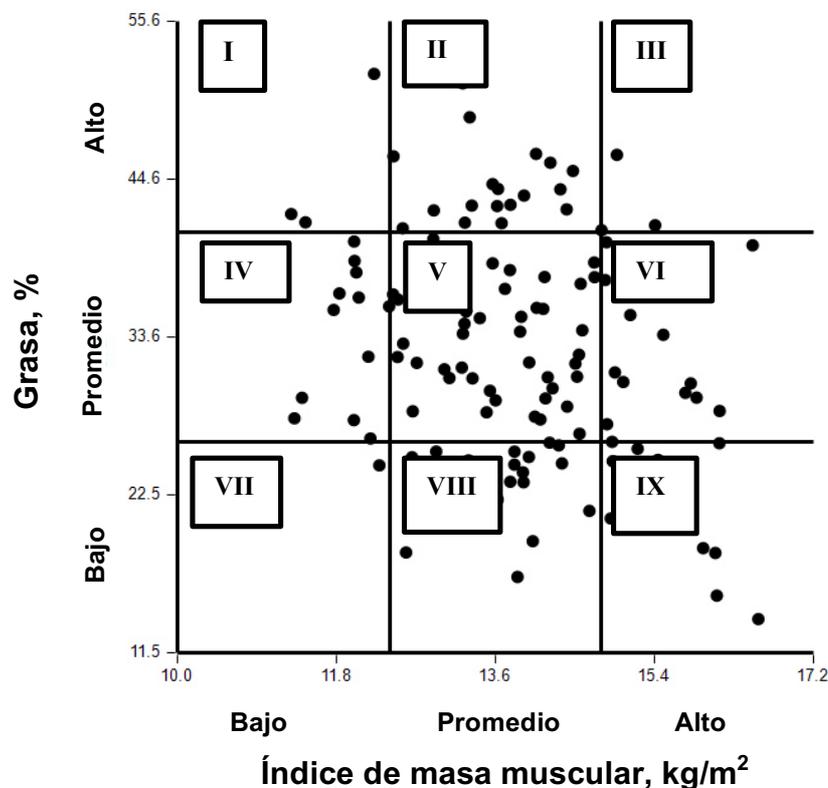


Figura 13.2. Gráfico de físico corporal de la relación del %GC y el IMM construido a partir de una muestra de referencia de 99 sujetos evaluados con DXA. Los puntos representan la dispersión de los sujetos empleados para la prueba de validación.

Tabla 14.2. Descripción del físico corporal para mujeres en nueve cuadrantes basados %GC vs IMM (n=136).

Cuadrante	Físico corporal	Corte	
		X	Y
I	Preobeso	<12.4	>40.9
II	Obeso	12.4–14.8	>40.9
III	Robusto	>14.8	>40.9
IV	Falta de ejercicio	<12.4	26.2–40.9
V	Estándar	12.4–14.8	26.2–40.9
VI	Musculoso estándar	>14.8	26.2–40.9
VII	Delgado	<12.4	<26.2
VIII	Delgado y musculoso	12.4–14.8	<26.2
IX	Muy musculoso	>14.8	<26.2

Validación del físico corporal obtenido con un equipo Tanita® contra un patrón de referencia basado en DXA en adultos.

Las características de composición corporal de la muestra de validación se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15. Características de composición corporal de la muestra para la validación.

Variable	DXA				Tanita® SC-331			
	Hombres (n=99)		Mujeres (n=136)		Hombres (n=99)		Mujeres (n=136)	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
%GC	25.3	9.3	33.8	9.0	19.8	8.2	25.2	7.7
Magro, kg	55.1	8.0	36.5	5.1	58.7	7.6	41.0	4.3
IMM, kg/m ²	18.2	2.1	13.9	1.4	19.4	1.8	15.7	1.3

Abreviaturas: %GC: porcentaje de grasa corporal por región; Magro: Magro sin hueso, kg; IMM: índice de masa muscular, kg/m².

Para la validación se construyeron los gráficos de físico corporal con 9 cuadrantes basados en la relación del %GC y el IMM para cada sexo basados en los puntos de corte de la Tabla 14.1 y 14.2. Se clasificó a los hombres y mujeres de la muestra validación (n=235) en su físico corporal con su patrón de referencia y se comparó con el obtenido por Tanita® SC-331.

Las tablas de concordancia entre la clasificación obtenida con el nuevo patrón de referencia y con la Tanita® SC-331 se muestran en las Tablas 16.1, 16.3, 16.6.

Tabla 16.1. Número de hombres ubicados en cada cuadrante del patrón propuesto por Tanita® SC-331 vs patrón de referencia.

Cuadrante	Patrón de referencia	Tanita® SC-331
I	2	0
II	23	30
III	4	11
IV	9	5
V	41	39
VI	12	4
VII	4	4
VIII	3	6
IX	1	0

La fuerza de la concordancia entre la clasificación del físico corporal obtenida con el nuevo patrón de referencia y con la Tanita® SC-331 se presentan en las Tablas 16.2, 16.4 y 16.5. La concordancia entre la clasificación por el patrón de referencia y la de Tanita® SC-331 en hombres fue moderada; $k= 0.510$.

Tabla 16.2. Fuerza de concordancia entre el patrón de referencia y la Tanita® SC-331 en hombres.

Kappa	0.510
Error estándar	0.059
Intervalo de confianza	0.395 a 0.625

Tabla 16.3. Número de mujeres ubicados en cada cuadrante del patrón propuesto por Tanita® SC-331 vs patrón de referencia.

Cuadrante	Patrón de referencia	Tanita® SC-331
I	4	0
II	20	14
III	4	5
IV	13	4
V	47	82
VI	17	4
VII	1	1
VIII	18	26
IX	12	0

En la tabla 16.4 se muestra que la fuerza de concordancia entre la clasificación por el patrón de referencia y la clasificación de la Tanita® SC-331 en mujeres es suficiente.; $k = 0.335$.

Tabla 16.4. Fuerza de concordancia por prueba de Kappa (k) entre el patrón de referencia y la Tanita® SC-331 en mujeres.

Kappa	0.335
Error estándar	0.063
Intervalo de confianza	0.211 a 0.459

En la tabla 16.5 se muestra la fuerza de concordancia entre la clasificación por el patrón de referencia y la clasificación de la Tanita® SC-331 para ambos sexos. La concordancia fue mala; $k = 0.183$.

Tabla 16.5. Fuerza de concordancia por prueba de Kappa (k) entre el patrón de referencia y la Tanita® SC-331 en ambos sexos

Kappa	0.138
Error estándar	0.045
Intervalo de confianza	0.0943 a 0.272

Tabla 16.6. Número de sujetos ubicados en cada cuadrante del físico corporal del patrón propuesto por Tanita® SC-331 vs patrón de referencia.

Cuadrante	Patrón de referencia	Tanita® SC-331
I	5	0
II	29	44
III	7	16
IV	13	9
V	93	121
VI	37	8
VII	0	5
VIII	25	32
IX	26	0

11. DISCUSIÓN

11.1 Capítulo I

Desarrollo de un patrón de referencia para clasificar el físico corporal y su proporcionalidad basado en la relación de masa magra y masa grasa.

Los métodos populares para la clasificación del físico corporal son útiles si se precisa el objetivo de dicha clasificación. Si se pretende describir la estructura morfológica del cuerpo, el método de Heath-Carter señala tres categorías en las cuales se puede clasificar a un sujeto⁵. Sin embargo, no se podría emitir una evaluación cuantitativa de la composición corporal^{8,9}. Por otra parte, el método del somatograma ponderado de Behnke, si bien detalla sobre la composición corporal separando los componentes musculares y no musculares, es una estimación indirecta de la composición corporal y compara a los sujetos con una población de referencia de militares estadounidenses^{4,11}.

El patrón de referencia basado en la metodología Hattori propuesto en éste trabajo, permite evaluar la proporción de la masa magra y masa grasa basada en una población específica. Hattori en 1991, desarrolló un patrón en población japonesa. La media del IMG fue de 3.1 kg/m² y de 17.7 kg/m² para el IMLG en hombres. En mujeres, la media de IMG fue de 4.79 kg/m² y de IMLG fue de 15.5 kg/m²¹⁸. En otros estudios, Hattori (1997) encontró que la media para el IMG e IMLG de los hombres fue de 3.0 kg/m² y 18.2 kg/m² respectivamente, mientras que en mujeres fue 4.9 kg/m² para el IMG y 15.7 kg/m² para el IMLG³. En ambos trabajos, los valores fueron similares o equivalentes debido a que el grupo de estudio fueron japoneses del mismo grupo de edad. En nuestro estudio los valores de IMG e IMLG en ambos sexos fueron mayores comparados con los observados por Hattori. Nuestro grupo de referencia tuvo un IMG 6.2 kg/m² e IMLG de 19.1, mientras que en mujeres el IMG fue de 7.6 kg/m² y el IMLG fue de 14.5. A partir de éstas diferencias, podríamos decir que con el patrón propuesto en nuestro trabajo, a partir de una población mexicana podríamos observar y comparar de

manera gráfica las diferencias en la composición corporal entre diferentes grupos étnicos.

El patrón propuesto en este proyecto permitiría evaluar los cambios en la composición corporal de acuerdo a la edad. En el estudio de Xiong (2012), en 1,458 sujetos de China se compararon dos grupos de edad, 5 – 11 años y 12 – 18 años, y se observó que en el grupo más joven entre más avanzada era la edad había un incremento del IMG de manera simultánea, mientras que en el grupo mayor, entre mas avanzada la edad aumentaba el IMLG en hombres, y en las mujeres aumentaba el IMG. Esto sugiere que la composición corporal difiere en diferentes estadios de crecimiento⁵¹. Otro estudio de Hattori y colaboradores (2004) mostró que los jóvenes preadolescentes (11 – 17 años) en comparación con los postadolescentes (18 – 59 años) incrementaban el IMLG y disminuía el IMG, mientras que en el grupo de los postadolescentes se observó lo contrario. En el caso de las mujeres, en ambos grupos de edad, el IMG fue en aumento, mientras que el IMLG fue disminuyendo en la edad adulta⁵².

En el área del deporte, el uso de patrones de referencia para atletas permitiría caracterizar el físico corporal de diferentes posiciones o categorías en diversas disciplinas deportivas. Hattori (1999) definió las características de composición corporal en diferentes categorías de sumo y las comparó con sujetos sin ningún entrenamiento, demostrando que en competidores de ésta disciplina hay un alto desarrollo tanto en el IMG como en el IMLG. Además, observó que en las categorías más bajas de Sumo no necesariamente hay mayor adiposidad comparado con sujetos sin entrenamiento. Este mismo estudio demostró que la categorías de mayor rango (Makushita y Sekitori) se caracterizan por tener menores niveles de adiposidad y mayores de IMLG que los sujetos de categorías menores (Sandame y Shin-deshi)⁵³. Por otra parte, Sterkowickz y colaboradores (2011) señalaron que en judokas de élite el IMG y el IMLG son altos, es decir, los competidores de esta disciplina tienden a un físico corporal adiposo-sólido⁵⁴. De esta manera, un patrón de referencia basado en la masa magra y masa grasa permitirá proponer estrategias de intervención

para llevar a los atletas de esta disciplina a alcanzar características de composición corporal similares a las de competidores de élite.

Niveles altos de adiposidad se relacionan con un metabolismo anormal de la glucosa y con enfermedades cardiovasculares⁵¹. Por el contrario, cifras mayores de masa muscular se asocian a menores riesgos de salud y por lo tanto a menor mortalidad. Srikanthan y colaboradores (2011) encontraron en 33,199 varones (con IMM promedio de 9.1kg/m^2 y 41 años de edad), que a cifras mayores de IMM se mejoraba la sensibilidad a la insulina evidenciada por el índice HOMA, lo que disminuía el riesgo a desarrollar Diabetes Mellitus⁵⁵. En estudios posteriores, Srikanthan y colaboradores (2014) relacionaron el IMM con la mortalidad de un grupo de adultos mayores en un período de 10-16 años en un estudio de cohorte. Para agrupar a los sujetos del estudio se utilizaron cuartiles por sexo para demostrar en cual de los grupos la supervivencia era mayor. El estudio evidenció que los sujetos con mayor IMM, ubicados en el cuarto cuartil, la supervivencia era mayor. El patrón propuesto en este proyecto basado en la relación del IMG e IMM permitiría evaluar de manera precisa el predominio de los diferentes tejidos y proponer intervenciones que disminuyan el riesgo al desarrollo de enfermedades asociadas a cifras altas de IMG, o bien, cifras bajas de IMM⁵⁶.

El uso de un patrón basado en la combinación del IMG vs IMMA como el que se propone en este proyecto permitiría observar la proporción del IMG e IMMA en un grupo de sujetos y determinar quienes poseen características de composición corporal similares a competidores de élite en diversas disciplinas deportivas. En el estudio de Koşar (2016) se compararon a mujeres no atletas con mujeres bajo entrenamiento de natación, y mujeres levantadoras de peso con una media de edad de 15 años. Se observó que las mujeres levantadoras de peso poseían una media de IMMA e IMG de 7.8kg/m^2 y 9.1kg/m^2 respectivamente, mientras que las mujeres que practicaban natación mostraban valores de IMMA de 6.3kg/m^2 y un IMG de 5.4 siendo los valores similares a los de las mujeres no atletas (IMMA de 5.9kg/m^2 e IMG de 6.0)⁵⁷.

Kim y colaboradores (2016) estudiaron la relación entre el IMMA, la fuerza muscular por dinamometría isoquinética y el equilibrio mediante el test Prueba clínica de la interacción sensorial sobre el equilibrio en 30 sujetos varones de 20-24 años. Los sujetos fueron divididos en dos grupos, 15 en el grupo Alto índice de masa muscular apendicular (AIMMA), y 15 sujetos en el grupo Bajo índice de masa muscular apendicular(BIMMA) con una media de IMMA de 11.93 kg/m² y 9.74 kg/m² respectivamente. Se observó que los sujetos en el grupo AIMMA mostraron mayor fuerza en las extremidades, y a su vez, mejor puntaje en el test de equilibrio en comparación al grupo BIMMA⁵⁸. Basados en estos estudios, podríamos canalizar a sujetos que posean características de composición corporal similares a atletas de élite hacia un régimen de entrenamiento y de alimentación hacia una disciplina deportiva acorde a su físico corporal.

11.2 Capítulo II

Validación del físico corporal obtenido con un equipo Tanita® contra un patrón de referencia basado en DXA en adultos.

Se validó el físico corporal obtenido de un equipo de IBE contra el físico corporal obtenido empleando un patrón de referencia basado en el %GC e IMM. Se eligió el equipo Tanita® SC-331 debido a su utilidad para la evaluación de la composición corporal de sujetos en un amplio rango de edad, sujetos en diferentes condiciones de enfermedad relacionadas a cambios en la composición corporal y ejercicio físico. Además, porque clasifica el físico corporal en 9 cuadrantes de acuerdo al proporción del %GC e IMM.

El nivel de concordancia entre la categorización del físico corporal de la Tanita® SC-331 y el patrón basado en relación a la masa muscular y masa grasa desarrollado fue moderado en los hombres, y suficiente en mujeres. Esto puede ser explicado por las diferencias en la composición corporal en diferentes grupos étnicos descritos en el estudio de Wang y colaboradores (2011), en donde se comparó la composición corporal por IBE de 229 hombres adultos, de los cuales 114 se clasificaron como “caucásicos” y 115 Chinos. Se encontró que los sujetos caucásicos poseen mayor MLG que los sujetos Chinos²⁶. Estas variantes de acuerdo al grupo étnico tienen implicaciones directas sobre la impedancia y el patrón de referencia. En el estudio de Siervo y colaboradores (2007) se observaron resultados similares a los de Wang. En una muestra de 606 adultos divididos por sexo y agrupados como “asiáticos”, “africanos” y “caucásicos”, las mujeres de origen asiático y las mujeres africanas presentaban mayor impedancia comparadas con las mujeres caucásicas, es decir, presentaron mayor masa grasa. En hombres, los asiáticos mostraron mayor impedancia comparados con sujetos pertenecientes al grupo de africanos y caucásicos, es decir que presentaron mayor masa grasa²⁷.

Por otra parte, podemos mencionar que el método para la estimación de la composición corporal tiene efecto sobre la clasificación del físico corporal en el patrón de referencia. Meyer y colaboradores (2011) compararon la diferencia en la estimación de la composición corporal por IBE y DXA de un grupo de 276 mujeres adolescentes clasificadas como “blancos”, “negros”, “hispanos” y “asiáticos”. Observaron que el equipo de IBE subestimó el %GC comparado con DXA 6.0% en blancos, 4.8% en negros, 6.1% en hispanos y 8.6% en asiáticos. De igual forma se subestimó el IMG en 1.5 kg/m² en blancos, 1.1 kg/m² en negros, 1.5 kg/m² en hispanos y en asiáticos en 1.9 kg/m² ²⁸. Esto sugiere que el equipo usado para evaluar la composición corporal podría influir en las diferencias en la clasificación del físico corporal por el patrón propuesto en éste proyecto y el sugerido por el equipo de IBE.

El equipo Tanita® SC-331 no especifica en el manual del usuario qué población fue utilizada para crear los puntos de corte del patrón de referencia para la clasificación del físico corporal que se incluye en el software. Por éste motivo es importante destacar los rasgos de composición corporal en diferentes grupos étnicos y desarrollar un patrón para población Mexicana y específico para otros grupos basado en las mismas variables que Tanita®: %GC vs IMM.

11.3 Ventajas del estudio

Capítulo I

El uso de la DXA como herramienta principal para la estimación de los componentes corporales permitió construir los diferentes modelos de patrones de referencia con datos de composición corporal concisos.

Capítulo II

Se pudo comprobar que no es confiable hacer una clasificación del físico corporal para Mexicanos con el equipo Tanita® SC-331. A demás en este

trabajo se desarrolló un modelo de patrón de referencia basado en el %GC e IMM para un adultos jóvenes por DXA.

11.4 Limitaciones del estudio

Capítulo I

Aunque la DXA brinda estimaciones de los componentes corporales con precisión, es un equipo costoso. Por ello fue difícil continuar con el reclutamiento de sujetos.

Capítulo II

El equipo de IBE Tanita® SC-331 no es eficaz para clasificación del físico corporal en 9 cuadrantes en una población específica. Además, el patrón desarrollado para la validación del físico corporal del equipo Tanita® sólo se diseñó utilizando una población de adultos jóvenes.

11.5 Perspectivas

Capítulo I

Algunos estudios como el de Onís y colaboradores (2004) señalan que para poder considerar un método como un referente se requiere de 100-200 sujetos por cada año en el grupo de edad para poder afirmar que es una población representativa⁵⁹. Wickramasinghe (2011), señala que se requiere de una población mínimo de 1600 sujetos²¹. Aunque los datos varían, se propone aumentar la muestra de sujetos Mexicanos en el grupo de edad para que el patrón de referencia tenga un alcance más amplio. Por otra parte, tomando como punto de partida las utilidades documentadas de la metodología Hattori, podríamos desarrollar patrones específicos no solamente para diversos grupos de edad, sexo o disciplinas deportivas, sino también en diferentes procesos de enfermedad para poder dar seguimiento a los cambios en la composición corporal.

Capítulo II

De acuerdo a las variaciones características de la composición corporal en diferentes etnias y grupos de edad, los equipos de IBE podrían requerir validaciones adicionales en otros grupos de edad y poblaciones^{26,27,28}.

12. CONCLUSIONES

Con los resultados presentados en los capítulos anteriores, y la literatura citada, se establecen las siguientes conclusiones:

Capítulo I

Se desarrollaron diversos modelos de patrones de referencia para ambos sexos como un primer acercamiento a una herramienta para graficar las diferencias existentes en la masa magra total y masa grasa en población Mexicana adulta. Del mismo modo, se desarrollaron patrones por sexo que permiten graficar la masa muscular de las extremidades con respecto a la masa grasa total. Esta primera propuesta de patrón de referencia específico para población Mexicana podría alcanzar mayor representatividad si el tamaño de muestra se aumenta.

Capítulo II

Debido a que de cada 100 hombres solo 82 ($K= 0.510$) fueron clasificados con el mismo físico corporal con la Tanita® y el patrón de referencia y solo 66 mujeres de cada 100 ($K=0.335$), la Tanita® SC-331 no es válida para clasificar el físico corporal en un grupo de adultos jóvenes cuando se compara con un patrón de una población específica.

13. CONSIDERACIONES ÉTICAS Y DE BIOSEGURIDAD

La investigación desarrollada se apegó a las Disposiciones Generales del Reglamento de la Ley General de Salud (2014) referente a la Investigación para la Salud⁶⁰.

- De acuerdo al Título Tercero. Capítulo I, Artículo 61 para esta investigación se respetó la confidencialidad de los resultados de la investigación. Estos, no fueron utilizados en perjuicio de los individuos participantes.
- Para el fin de que el participante conozca los procedimientos, beneficios o cualquier otra duda emergente, la investigación presente se apegó a lo marcado por el artículo 21, fracción I, que abarca la justificación, el fin y los objetivos que originaron el proyecto.

14. REFERENCIAS

1. Wilmore, J. Anthropometric standarization Reference Manual, Chicago, Illinois: Human Kinetic Books; 1988.
2. Toth, T., Michalíkova, M., Bednarcikova, L., Zivacak, J., Kneppo, P. Somatotypes in sport. Acta mechanica et automática. 2014; 27-32.
3. Hattori, K, Nobunao, T, Tanaka, S. Assessment of body composition by using a new chart method. Am J Hum Biol. 1997;9: 573-578.
4. Katch, Frank I., The ponderal Somatogram: Evaluation of body size and shape form athropometric girths and stature, Human Biology, 59:3. 1987. P. 439-458.
5. Carter J. The Heath-Carter anthropometric somatotype. [monografía en internet]. Department of Excersie an Nutritional Sciences, San Diego University, 2002. Citado el 4 de Mayo del 2016. 26 p. URL: <http://www.somatotype.org/Heath-CarterManual.pdf>
6. Ramos, S, Melo, L, Alzate, D. Evaluación antropométrica y motriz condicional de los escolares de 7 a 18 años. (1era ed.). Colombia: Universidad de Caldas; 2007.
7. Eston, R. Reilly, T. Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual. Somatotyping. 2nd Edición. Gran Bretaña. 1996. 47-63.
8. Lesmes, D. Evaluación clínico-funcional del movimiento corporal humano. (1era ed.). Colombia: Médica panamericana; 2007.
9. Sirvent, J, Garrido, R. Valoración antropométrica de la composición corporal: Cineantropometría. (1era ed.). España: Universidad de Alicante; 2009.
10. Ackland, T, Elliot, B. Applied anatomy and biomechanics in sports EUA: Human Kinetics. (2nd ed.). USA: Human Kinetics; 2003.
11. Norton, K, Olds, T., Antropométrica (1era edición). Argentina. 1996.
12. Vila, H, Et al. Características antropométricas, composición corporal y somatotipo en jugadores de élite de waterpolo. Rev. Bras Cienc Esporte Florianópolis. 2010; 32: 185 – 197.
13. Marriot, B, Grumstrup, S. Body composition of and physical performance. Washintong,DC: National Academy Press; 1992.
14. Bernadette M., Marriot, Grumstrup-Scott, J. Body composition and

- physical performance: applications for the military services, body composition and physical performance. New approaches to body composition evaluation and some relationships to dynamic muscular strength. 1992; 119-139.
15. Buskirk, E. Perspectives on exercise and wasting. Clinical trials for the treatment of secondary wasting and cachexia. *The Journal of Nutrition*. 1999; 301.
 16. Forbes, G. Stature and lean body mass. *Am J Clin Nutr*. 1974;27:595-602 .
 17. Kondo, M, Abe, T, Ikegawa, S, Kawakami, Y, Fukunaga, T. Upper limit of fat-free mass in humans: a study on Japanese Sumo Wrestlers. *Am J Hum Biol*. 1994;6(5): 613-618.
 18. Hattori, K. Body composition and lean body mass Index for Japanese college students. *J Anthropol Soc Nippon*. 1991;99: 141 – 148.
 19. Bibiloni, M, Pons, A, Tur, J. Defining body fatness in adolescents: a proposal of the Afad-A classification. *Plos One*. 2013;8.
 20. Stuemplfe, K. Ponderal somatograms assess changes in anthropometric measurements over an academic year in III collegiate football players. *Journal of strength and conditioning research* . 2007;21: 689-696
 21. Wickeramasinghe, V. Hattori Chart based evaluation of body composition and its relation to body mass index in a group of Sri Lankan Children. *Indian J Pediatr*. 2012. P. 632-639.
 22. HyeonGeun, P., Park, K. Kim, M., Kim, G. Chung, S., Gender Differences in relationship between fat-free mass index and fat mass index among Korean Children Using Body Composition Chart. *Yonsei Med J*. 2011. P. 948-952.
 23. Wells, J. A Hattori chart analysis of body mass index in infants and children. 2000; 325-329.
 24. Tanita corporation,. 1. Tanita. [en línea]. Disponible en: www.tanita.com/en/downloads/download/?file=855638157 [accesado el 30 de agosto 2017].
 25. Tanita corporation. 1. Tanita academy. [en línea]. Disponible en: <http://tanita.eu/tanita-academy/understanding-your-measurements> [accesado el 9 Mayo del 2016].

26. Wang, D, Lee, S, Fan, J, Zhang, G, Ji, Y. Ethnic differences in body composition and obesity related risk factors: study in Chinese and white males living in China. *PLoS One* . 2011;6(5): [Sin paginación].
27. Siervo, M, Davies, A, Jebb, S, Jalil, F, Mooer, S. Ethnic differences in the association between body mass index and impedance index (Ht²/Z) in adult women and men using a leg-to-leg bioimpedance method. *Eur J Clin Nutr*. 2007;61(11): 1337-1340.
28. Meyer, K, Friend, S, Hannah, P, Himes, J, Demerath, E. Ethnic Variation in Body Composition Assessment in a Sample of Adolescent Girls. *Int J Pediatr Obes* . 2011;6(5-6): 481-490.
29. Función iberoamericana de seguridad y salud ocupacional. 1. Fisio-web. [en línea]. Available from: <http://www.fiso-web.org/Content/files/articulos-profesionales/4515.pdf> [5 de Diciembre del 2015].
30. Bellido, D, Carreira, J. Análisis por absorciometría de rayos X de doble energía y composición corporal. *Nutrición clínica en medicina*. 2008;2: 85-108.
31. Wing-gaia, S. Nutritional strategies for the preservation of fat free mass at high altitude. *Nutrients*. 2014;6: 665-681.
32. Morais, P. Association between fat mass index and fat-free mass index values and cardiovascular risk in adolescents. *Rev Pau de Pedia*. 2016;34: 30-37.
33. El, M, Calugi, S, Lamborghini, S, Dalle, R. Anorexia Nervosa and Body Fat Distribution: A Systematic Review. *Nutrients*. 2014;6: 3895-3912.
34. Dixon, J, Egger, G. A narrow view of optimal weight for health generates the obesity paradox. *Am J Clin Nutr*. 2014.
35. Mendivil, C, Sierra, I. Avances en Obesidad. *Rev Fac Med Univ Nac Colomb*. 2004; 52: 270-286.
36. Ruderman, N, Schneider, S, Berchtold, T. The “metabolically-obese,” normal-weight individual. *Am J Clin Nutr*. 1981. 34: 1617-1621.
37. De Lorenzo, A, Martinoli, R, Vaia, F, Di Renzo, L. Normal weight obese (NWO) women: an evaluation of a candidate new syndrome. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2006. 16; 513-526.
38. Wolfe, R. The underappreciated role of muscle in health and disease. *Am J Clin Nutr*. 2006. 84: 475, 482.

39. Going, S. Body composition in the endurance performer. In: Shepard, R (ed.) Endurance in Sport. Online: International Olympic Comitee; 2008. p. 346-362.
40. Trapp, R. Bioestadística Médica. (4 ed.). México: El Manual Moderno; 2005.
41. Botasso, O. Aspectos básicos para la realización de una investigación científica. (1er ed.). Buenos aires: Federación argentina de Cardiología; 2013.
42. Kelly, T, Wilson, K, Heymsfield, S. Dual Energy X-Ray absorptiometry body composition reference values from NHANES. Plos One. 2009;4(9).
43. Lohman, T. Anthorpometric standarization Reference Manual, Chicago, Illinois: Human Kinetic Books; 1988.
44. Stone, M, Turner, A. use of dual-Energy X-ray absorptiometry (DXA) with non-Human vertebrates: application, challenges, and practical considerations for research and clinical practice . Intech. (s/f) 99-117.
45. Ge healthcare. 1. GE healthcare. [Online]. Disponible en: http://www3.gehealthcare.com/en/products/categories/bone_health/encore [Accesado el 9 de Mayo de 2016].
46. Infante, J, Et al. Utilidad de la densitometría como método de valoración del estado nutricional del deportista. Comparación con el índice de masa corporal. Rev Esp Med Nucl Imagen Mol. 2013. 32: 281-285.
47. Frank schoonjans. 1. MedCalc. [Online]. Disponible en: <https://www.medcalc.org/manual/outliers.php> [Accesado el 9 de mayo del 2016].
48. Frank schoonjans. 1. MedCalc. [Online]. Disponible en : <https://www.medcalc.org/manual/summarystatisticstable.php> [Accesado el 3 de Octubre del 2016].
49. Netdna-cdncom. 1. Netdna-cdncom. [Online]. Disponible en: http://ncss.wpengine.netdnacdn.com/wpcontent/themes/ncss/pdf/Procedures/NCSS/Scatter_Plots.pdf. [accesado el 3 de Octubre del 2016].
50. Altman, D.G. Some common problems in medical research. In: Chapman and hall (1st ed.) Practical statistics for medical research. London: ; 1991. p. 403-406.

51. Xiong, K, He, H.U.I, Zhang, Yiming, Ni, G.U.O.-.X.I.N. Analyses of body composition charts among younger and older Chinese children and adolescents aged 5 to 18 years. BMC Public Health. 2012;12(835): [sin paginación].
52. Hattori, K, Tahara, Y, Aoyagi, K, Furusawa, T. Chart analysis of body composition change among pre- and postadolescent Japanese subjects assessed by underwater weighing method. Int J Obes. 2004;28(0307-0565): 520-524.
53. Hattori, K, Kondo, M, Abe, T, Fukunaga, T. Hierarichical differences in body composition of professional sumo wrestlers. Ann Hum Biol. 1999;26(2): 179-184.
54. Sterkowicz, S, Lech, J, Palka, T, Klys, A. Body build and body compositos vs physical capacity in young judo contestants compared to untrained subjects. Biol Sports.2011;28(4): 271-277
55. Srikanthan, P, Karlamangla, A. Relative Muscle Mass Is Inversely Associated with Insulin Resistance and Prediabetes Findings from The Third National Health and Nutrition Examination Survey . J Clin Endocrinol Metab. 2011;94(9): 2898-2903.
56. Srikanthan, P, Karlamangla, A. Muscle mass index as a predictor of longevity in older adults. Am J Med. 2014;127(6): 547-553
57. Koşar, S. Associations of lean and fat mass measures with whole body bone mineral content and bone mineral density in female adolescent weightlifters and swimmers. Turk J Pediatr . 2016;58(1): 79-85.
58. Kim, S, Hong, J, Cha, J, Park, J, Eun, D. Relative appendicular skeletal muscle mass is associated with isokinetic muscle strength and balance in healthy collegiate men. J Sports Sci . 2016;34(21): 2114-2120
59. Onís, M, Garza, C, Victoria, C, Onyango, A, Frongillo, E. El Estudio Multicentro de la OMS de las Referencias del Crecimiento: Planificación, diseño y metodología. Food Nutr Bull. 2004;25(1): 15-26
60. Cámara de diputados, Congreso de la Unión. Cámara de Diputados. [Online]. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MIS_ref01_02abr14.doc . [Accesado el 8 de Mayo del 2016].